

ダイバーズ用情報処理装置、 制御方法、制御プログラム、記録媒体、潜水具及び潜水具の制御方法

発明の背景

発明の技術分野

[0001] 本発明は、ダイバーズ用情報処理装置、制御方法、制御プログラム、記録媒体潜水具及び潜水具の制御方法に係る。特に、本発明は高深度潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置、制御方法、制御プログラム、記録媒体、潜水具及び潜水具の制御方法に関する。

背景情報

[0002] 従来より、ダイビングにより体内に溶け込んだ呼吸気中の窒素などの不活性ガスは、体内で気泡となって減圧症を招くことが知られている。また、普通の空気を呼吸ガスとして使用する空気潜水では、体質や熟練度によっても差があるが、水深３０メートル程度を越えて潜水をするといわゆる窒素中毒を起こす可能性が高くなる。

[0003] このような問題を解決すべく、ダイブコンピュータと称せられるダイバーズ用情報処理装置として、潜水時に一定のアルゴリズムでダイバーの安全性を確保するのに必要な情報、例えば、現在的水深値や体内に過剰に蓄積された不活性ガスが排出されるまでの時間や安全な浮上速度を求め、それを液晶表示パネルなどの表示部に表示するものが知られている。このようなダイバーズ用情報処理装置は、例えば、特開平１１－２０７８７号公報に開示されている。

[0004] また、さらに深度が深いダイビング（高深度ダイビング）を行う場合には、酸素濃度を高くした酸素および窒素の混合ガスを用いる混合ガス潜水が用いられている。

[0005] しかしながら、上述した従来の混合ガス潜水でも、水深４０メートル程度を越えると酸素中毒を起こす可能性が高くなる。さらに潜水用ガスの混合比が同じ若しくは異なる複数のボンベを使用している場合には、切り替えを間違えると酸素欠乏にいたる可能性もある。作業潜水などにおいては、水深４０メートル

より深い水深に潜行するようなダイビング（高深度ダイビング）は、ごく普通に行われている。

[0006] 上記の点から、より改善されたダイバーズ用情報処理装置、制御方法、制御プログラム、記録媒体潜水具及び潜水具の制御方法が必要とされることは、本発明の開示より当業者に明らかである。本発明は、これらの従来技術における必要性や、以下の開示によって当業者には明らかになるほかの必要性に応じるものである。

発明の要旨

[0007] 本発明のひとつの目的は、高深度ダイビングにおいても酸素欠乏、減圧症、窒素中毒あるいは酸素中毒の発生を低減することが可能なダイバーズ用情報処理装置、制御方法、制御プログラム、記録媒体、潜水具及び潜水具の制御方法を提供することにある。

[0008] 上記のまたはその他の目的を達成するために、少なくとも複数の潜水用ガスの第1・第2混合ガスをそれぞれ収容する第1・第2ボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置は、切換タイミング判別部と、告知部を備えている。切換タイミング判別部は、あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターンに基づいて、前記第1混合ガスから前記第2混合ガスへの切換タイミングを判別するように構成される。告知部は、前記切換タイミングに基づいて前記第2混合ガスを特定するための情報及び前記切換タイミングを告知するように構成される。

[0009] 上記のような本発明の目的、特徴、利点等は、以下の発明の記載により当業者に明らかとなるものである。以下の発明の記載は、添付の図面とともに、本発明の望ましい実施形態を開示するものである。

図面の簡単な説明

[0010] 本発明の開示の一部をなす添付の図面に言及すると：

[0011] 第1図は、本発明第1実施形態に係る潜水具の使用態様図である。

[0012] 第2図は、本発明第1実施形態に係る潜水具の概要構成説明図である。

[0013] 第3図は、本発明第1実施形態に係る潜水具の各ボンベに充填された潜水用ガスの混合比率の一例の説明図である。

- [0014] 第4図は、本発明第1実施形態に係るダイブコンピュータの外観正面図である。
- [0015] 第5図は、本発明第1実施形態に係るダイブコンピュータの概要構成ブロック図である。
- [0016] 第6図は、潜水パターンの一例の説明図である。
- [0017] 第7図は、各水深時の目安になる気体混合比率の割合の説明図である。
- [0018] 第8図は、本発明第1実施形態における酸素混合比率設定の処理フローチャートである。
- [0019] 第9図は、本発明第1実施形態における酸素混合比率設定時の表示画面（その1）の説明図である。
- [0020] 第10図は、本発明第1実施形態における酸素混合比率設定時の表示画面（その2）の説明図である。
- [0021] 第11図は、本発明第1実施形態における酸素混合比率設定後の表示画面の一例である。
- [0022] 第12図は、本発明第1実施形態におけるヘリウム混合比率設定の処理フローチャートである。
- [0023] 第13図は、本発明第1実施形態におけるダイブコンピュータの各種動作モードにおける表示画面の遷移を模式的に示す図である。
- [0024] 第14図は、本発明第1実施形態における切替可能時におけるポンベ切替管理モードの表示画面の一例の説明図（その1）である。
- [0025] 第15図は、本発明第1実施形態における切替可能時におけるポンベ切替管理モードの表示画面の一例の説明図（その2）である。
- [0026] 第16図は、本発明第1実施形態における切替不可能時におけるポンベ切替管理モードの表示画面の一例の説明図（その1）である。
- [0027] 第17図は、本発明第1実施形態における切替不可能時におけるポンベ切替管理モードの表示画面の一例の説明図（その2）である。
- [0028] 第18図は、本発明第1実施形態における切替不可能時におけるポンベ切替管理モードの表示画面の一例の説明図（その3）である。

[0029] 第19図は、本発明第1実施形態におけるボンベ切替条件設定テーブルの一例の説明図である。

[0030] 第20図は、本発明第1実施形態におけるボンベ切替タイミングの設定例の説明図である。

[0031] 第21図は、本発明第1実施形態におけるボンベ1Aについての切替タイミング設定画面の一例であり、項目「潜水時間」に対応するものである。

[0032] 第22図は、本発明第1実施形態におけるボンベ1Cについての切替タイミング設定画面の一例であり、項目「潜水時間」に対応するものである。

[0033] 第23図は、本発明第1実施形態におけるボンベ1Cについての切替タイミング設定画面の一例であり、項目「体内酸素量」に対応するものである。

[0034] 第24図は、本発明第1実施形態におけるボンベ1Cについての切替タイミング設定画面の一例であり、項目「体内不活性ガス量」に対応するものである。

[0035] 第25図は、本発明第1実施形態におけるボンベ1Cについての切替タイミング設定画面の一例であり、項目「水深」に対応するものである。

[0036] 第26図は、本発明第1実施形態におけるダイビング時のダイブコンピュータの処理フローチャートである。

[0037] 第27図は、本発明第2実施形態の浮上速度監視機能実現のための機能ブロック図である。

[0038] 第28図は、本発明第2実施形態のダイブコンピュータの不活性ガス量算出機能実現のための機能構成ブロック図である。

好ましい実施形態の詳細な説明

[0039] 以下、本発明の実施形態を図面を参照して説明する。この発明の開示により当業者には明らかにわかるように、本発明の実施例に関する記載は、本発明を説明するためのものでしかなく、後述の請求の範囲やその均等範囲によって定義されるところの本発明を限定するものではない。

[0040] まず、図1を参照して、本発明の第1実施形態に従ってダイバーズ用情報処理装置を説明する。本発明の第1実施形態に係るダイバーズ用情報処理装置によれば、あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜

水パターンに基づいて、混合ガスの切替タイミングを判別し、この切替タイミングに基づいて切替先の混合ガスを特定するための情報及び前記切替タイミングを告知する。従って、高深度ダイビングを行う際に酸素欠乏、減圧症、窒素中毒あるいは酸素中毒の発生を予防し、あるいは、高深度ダイビング中にそれらの発生を回避し、低減することが可能となる。

[0041] 第1図は、本発明の第1実施形態のダイバーズ用情報処理装置を用いる場合の潜水装備（潜水具）の使用態様図である。また第2図は実施形態の潜水装備の概要構成説明図である。潜水装備（潜水具）100は、大別すると、複数のポンベ1A～1Dを有するポンベユニット1と、切替バルブ(切替装置)・レギュレータ2と、水深・残圧計3と、ダイバーズ用情報処理装置またはダイブコンピュータ4と、を備えている。

[0042] 本第1実施形態においては、ポンベユニット1を構成するポンベ1A～1Dは、それぞれ2種または3種類の潜水用ガスを混合した混合ガスが充填され、その混合比率がそれぞれ異なっていることが好ましい。しかしながら、必要に応じて、複数の同一の混合比率のポンベおよび少なくとも一つの混合比率の異なるポンベを組み合わせるようにすることも可能である。この場合において、ポンベ1A～1Dのいずれかが第1・第2ポンベを構成し、また、第1・第2ポンベに対応するポンベ1A～1Dに収納されている混合ガスのいずれかが第1・第2混合ガスを構成する。

[0043] 第3図は、潜水用ガスの混合比率の一例の説明図である。以下の説明においては、潜水用ガスとして、酸素 O_2 、窒素 N_2 およびヘリウム He の3種類を用いる場合について説明する。

[0044] ポンベ1Aは、酸素 O_2 の混合比率 $F_{O_2} = 21\%$ 、窒素 N_2 の混合比率 $F_{N_2} = 79\%$ 、ヘリウム He の混合比率 $F_{He} = 0\%$ となっており、いわゆる通常の空気と同じ混合比率となっている。この混合比率の混合ガスは、潜行時に深度30m程度まで用いることが可能となる。

[0045] ポンベ1Bは、酸素 O_2 の混合比率 $F_{O_2} = 15\%$ 、窒素 N_2 の混合比率 $F_{N_2} = 45\%$ 、ヘリウム He の混合比率 $F_{He} = 40\%$ となっており、潜行時

および浮上時の水深30m以深の高深度領域で用いられる。この混合比率の混合ガスは、主として酸素中毒の防止を目的としている。

[0046] ボンベ1Cは、酸素 O_2 の混合比率 $F_{O_2} = 50\%$ 、窒素 N_2 の混合比率 $F_{N_2} = 0\%$ 、ヘリウム He の混合比率 $F_{He} = 50\%$ となっており、浮上時における比較的高深度から深度10m程度の比較的低深度までの深度領域で用いられる。この混合比率の混合ガスは、主として窒素中毒の防止を目的としている。

[0047] ボンベ1Dは、酸素 O_2 の混合比率 $F_{O_2} = 70\%$ 、窒素 N_2 の混合比率 $F_{N_2} = 10\%$ 、ヘリウム He の混合比率 $F_{He} = 20\%$ となっており、減圧潜水時に用いられる。すなわち、この混合比率の混合ガスは、主として減圧症の防止を目的としている。

[0048] 切換バルブ・レギュレータ2は、ボンベ1A～1Dから供給される混合ガスを切り換えるとともに、混合ガスの圧力を所定の圧力にするファーストステージ2Aと、ファーストステージ2Aにレギュレータホース2Bを介して接続されたセカンドステージ2Cと、を備えている。

[0049] 水深・残圧計3は、潜水中の水深および各ボンベ1A～1Dのうち現在使用されているボンベの残圧（残量）を計測し、表示を行う。

[0050] 第4図は、ダイブコンピュータ4の外観正面図である。また、第5図は、ダイブコンピュータ4の概要構成ブロック図である。本実施形態のダイブコンピュータ4は、基本的に、以下のような機能を有していることが好ましい。

- (1) 潜水中のダイバーの深度や潜水時間を計算して表示する。
- (2) 潜水中に体内に蓄積される不活性ガス量を計測し、この計測結果から潜水後に水からあがった状態で体内に蓄積された窒素が排出されるまでの時間などを表示する。
- (3) あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターンに基づいて、切換バルブ・レギュレータ2の切り換え指示および減圧症などを引き起こさないための現在以降の潜水パターンの指示を行う。

[0051] 次に第4図と第5図を参照してダイブコンピュータ4の構成を説明する。ダイブコンピュータ4は、第4図に示すように、略楕円状の装置本体4Aに

対して、図面上下方向に腕バンド４Ｂがそれぞれ連結され、この腕バンド４Ｂによって腕時計と同様にユーザの腕に装着されて使用されるようになっている。

[0052] 装置本体４Ａは、上ケースと下ケースとが完全水密状態でビス止めなどの方法で固定され、図示しない各種電子部品が内蔵されている。装置本体４Ａの図面正面側には、液晶表示パネル１１を有する表示部１０（第５図参照）が設けられている。

[0053] さらに装置本体４Ａの図面下側にはダイブコンピュータ４における各種動作モードの選択／切替を行うための操作部５が形成され、操作部５は、プッシュボタン形式の二つのスイッチ５Ａ、５Ｂを有している。装置本体４Ａの第４図左側には潜水を開始したか否かを判別するために用いられる導通センサを用いた潜水動作監視スイッチ３０が構成されている。この潜水動作監視スイッチ３０は、装置本体４Ａの図面正面側に設けられた電極３０Ａ、３０Ｂを有し、電極３０Ａ、３０Ｂ間が海水などにより導通状態となることにより、電極３０Ａ、３０Ｂ間の抵抗値が小さくなった場合に入水したと判断するものである。しかしながら、この潜水動作監視スイッチ３０は、あくまで入水したことを検出してダイブコンピュータ４の動作モードをダイビングモードに移行させるために用いるだけであり、実際に潜水（ダイビング）を開始した旨を検出するために用いられる訳ではない。すなわち、ダイブコンピュータ４を装着したユーザの腕が海水に浸かっただけの場合もあり、このような状態で潜水を開始したの判断するのは好ましくないからである。このため、本ダイブコンピュータ４においては、装置本体４Ａに内蔵した圧力センサによって水圧（水深）が一定値以上、より具体的には、水圧が水深にして１．５ｍ相当以上となった場合にダイビングを開始したものとみなし、かつ、水圧が水深にして１．５ｍ未満となった場合にダイビングが終了したものとみなしている。

[0054] 第５図に示されるように、ダイブコンピュータ４は、基本的に制御部５０、表示部１０、圧力計測部６１、水温計測部６２、計時部６８から構成されることが好ましい。ダイブコンピュータの制御部５０は、操作部５のスイッチ５Ａ、５Ｂ、および潜水動作監視スイッチ３０、報音装置３７および振動発生装置３８が接続されるとともに、装置全体の制御を行うＣＰＵ５１と、ＣＰＵ５

1の制御下で、各動作モードに対応した表示を液晶表示パネル11に行わせるため液晶ドライバ12を制御し、あるいは、後述の時刻用カウンタ33における各動作モードにおける処理を行う制御回路52と、制御用プログラムおよび制御用データを格納したROM53と、各種データを一時的に格納するRAM54と、を備えて構成されていることが好ましい。

[0055] また、圧力計測部61は、ダイブコンピュータ4においては水深（水圧）を計測、表示するとともに、水深および潜水時間からユーザの体内に蓄積される不活性ガス量を計測することが必要であるため、気圧および水圧を計測している。圧力計測部61は、半導体圧力センサにより構成される圧力センサ34と、この圧力センサ34の出力信号を増幅するための増幅回路35と、増幅回路35の出力信号のアナログ／デジタル変換を行い、制御部50に出力するA／D変換回路36と、を備えて構成されている。

[0056] 水温計測部62は、水温計測センサ41と、水温計測センサ41の出力信号を増幅する増幅回路42と、増幅回路42の出力信号のアナログ／デジタル変換を行って制御部50に出力するA／D変換回路43と、を備え、水温を計測する。

[0057] 計時部68は、ダイブコンピュータ4においては通常時刻の計測や潜水時間の監視をおこなうために、所定の周波数を有するクロック信号を出力する発振回路31と、この発振回路31からのクロック信号の分周を行う分周回路32と、分周回路32の出力信号に基づいて1秒単位での計時処理を行う時刻用カウンタ33と、を備えて構成されている。

[0058] 次に表示部10の構成について第4図を参照して詳細に説明する。表示部10を構成する液晶表示パネル11の表示面は、7つの表示領域を有している。なお、本実施形態では、液晶表示パネル11の表示面が長方形の例を示したが、長方形に限定されるものではなく、円形状、楕円形状、トラック形状、長方形以外の多角形状など他の形状であってもかまわない。

[0059] 液晶表示パネル11の表示面のうち、第4図上部左側に位置する第1の表示領域111は、各表示領域のうちで最も大きく構成され、後述するダイビングモード、サーフェスモード（時刻表示モード）、プランニングモード、ログ

モードにおいて、それぞれ、現在水深、現在月日、水深ランク、潜水月日（ログ番号）が表示される。

[0060] 第2の表示領域112は、第1の表示領域111の第4図右側に位置し、ダイビングモード、サーフェスモード（時刻表示モード）、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ潜水時間および酸素飽和度、現在時刻、無減圧潜水可能時間、潜水開始時刻（潜水時間）が表示される。

[0061] 第3の表示領域113は、第1の表示領域111の第4図下側に位置し、ダイビングモード、サーフェスモード（時刻表示モード）、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ、最大水深、体内不活性ガス排出時間、セーフティレベル、最大水深（平均水深）が表示される。

[0062] 第4の表示領域114は、第3の表示領域113の第4図右側に位置し、ダイビングモード、サーフェスモード（時刻表示モード）、プランニングモード、ログモードにおいて、それぞれ無減圧潜水可能時間、水面休止時間、温度、潜水終了時刻（最大水深時水温）が表示される。

[0063] 第5の表示領域115は、第3の表示領域113の第4図下側に位置し、電源容量切れを表示する電源容量切れ警告表示部115Aやユーザの現在の高度の属する高度ランクを表示する高度ランク表示部115Bが設けられている。

[0064] 第6の表示領域116は、第4図下部左側に位置し、体内不活性ガス量および体内酸素量がそれぞれバーグラフ（最大9個点灯）で表示される。

[0065] 第7の表示領域117は、第6の表示領域116の第4図右側に位置し、ダイビングモードで減圧潜水状態になった場合に、窒素ガス（不活性ガス）が吸収傾向にあるのか、排出傾向にあるかを示す領域（第4図中、上下方向矢印が図示されている）と、浮上速度が高すぎる場合に浮上速度違反警告のひとつとして減速を指示するための「SLOW」を表示する領域と、潜水中に減圧潜水を行わなければならない旨を警告するための「DECO」を表示する領域と、を備えて構成されている。

[0066] 次に本発明の第1実施形態に係るダイバーズ用情報処理装置またはダイブコンピューター4を用いた潜水具の使用態様について説明する。

[0067] 高深度潜水を行う場合、深度に応じて潜水用ガスの混合比率を変更したポンペを潜水中に切り換える必要があり、数本（本実施形態では4本のポンペ1 A～1 D）のポンペを持って潜水を行う。安全な潜水を行うためにも、複数のポンペ1 A～1 Dのうちどのタイミングでどのポンペを使用するかをあらかじめシミュレーションしておき、使用者が把握しておく必要がある。

[0068] 上述したように、本実施形態で使用する混合ガスは酸素 O_2 、窒素 N_2 、ヘリウム He の3種類のガスを用いている。ヘリウム He は、無臭、無毒性で非爆発性の不活性ガスである。

[0069] ところで、混合ガスを用いて潜水を行う場合にガスポンペ1 A～1 Dの気体混合比率を設定する必要があると同時に、深く潜行するダイビングにおいては、長時間潜水を行うことから潜水パターンに応じて潜水用ガスの混合比率の異なる、すなわち、複数種類の混合ガスに対応する複数のガスポンペ1 A～1 Dを用意する必要がある。なお、全てのガスポンペ1 A～1 Dにおける潜水用ガスの混合比率が互いに異なる必要はなく、ガスポンペ1 A～1 Dの一部（例えば、4本中2本）が同一の混合ガスを充填したものである場合もある。

[0070] このためあらかじめダイビングを行うに際しては、シミュレーションを行い、潜水パターンから使用する気体混合比率を選定する必要がある。

[0071] 以下、シミュレーションの詳細を説明する。実際のシミュレーションは、ダイブコンピュータ4とは別個に設けられたパーソナルコンピュータなどのシミュレータ装置により行われる。まず、シミュレーションを行うユーザは、シミュレータ装置に対し、潜水時間、この潜水時間に応じた水深値を入力する。より詳細には、潜行あるいは浮上速度がほぼ一定な範囲に相当する潜行（浮上）開始深度、潜行（浮上）目的深度および両深度間の移行に要する時間を入力する。

[0072] さらに、ユーザは、複数のポンペ、本実施形態では、4本のポンペ1 A～1 Dのそれぞれについて酸素、窒素、ヘリウムの混合比率をシミュレータ装置に入力する。この場合において、設定が認められない混合比率については、あらかじめ設定されたデータベースに基づいてその旨をユーザに通知するとともに、再入力を促すこととなる。

[0073] そして有効なデータが入力されると、シミュレータ装置は、シミュレーションを実行し、実際のダイビング同様に潜水時間に応じて体内に排出・蓄積される不活性ガス量、酸素量、酸素分圧及び無減圧潜水可能時間を潜水用ガスの混合比率と水深値から求める。さらに、減圧潜水の状態時には、減圧停止に必要な時間及び深度を潜水用ガスの混合比率と水深値から求める。

[0074] まず酸素分圧 P_{O_2} の算出について説明する。酸素分圧 P_{O_2} は、現在の水圧を P_w 、大気圧を P_a 、呼吸気中の酸素混合比率を F_{O_2} とすると次式で表される。

$$[0075] \quad P_{O_2} = (P_w + P_a) \times F_{O_2}$$

[0076] 例えば、現在水深が 16 m であるとするに対応する現在の水圧 $P_w = 1.6 \text{ bar}$ となる。このときの大気圧 $P_a \doteq 1 \text{ bar}$ とし、酸素混合比率 $F_{O_2} = 36\%$ であるとする、以下のようになる。

$$[0077] \quad P_{O_2} = (1.6 + 1) \times 0.36 \\ \doteq 0.9 \text{ bar}$$

[0078] ここで、本実施形態のダイブコンピュータ 4 においては、酸素中毒（酸素酔い）を防ぐという観点から酸素分圧最大許容値 $P_{O_2 \text{ max}} = 1.6 \text{ bar}$ に設定している。従って、このシミュレーション結果に従ってダイビングを行うダイバーは、酸素分圧 P_{O_2} が酸素分圧最大許容値 $P_{O_2 \text{ max}}$ 以下であれば適正なダイビングであり、自分自身を酸素中毒（酸素酔い）から守ることができる。また、本実施形態のダイブコンピュータ 4 においては、酸素欠乏を防ぐ観点から、酸素分圧最低許容値 $P_{O_2 \text{ min}} = 0.16 \text{ bar}$ に設定している。

[0079] 以上の説明のように、本実施形態のダイブコンピュータにおいては、酸素分圧最大許容値 $P_{O_2 \text{ max}} = 1.6 \text{ bar}$ とし、酸素分圧最低許容値 $P_{O_2 \text{ min}} = 0.16 \text{ bar}$ としているが、より安全な潜水を行うべく、あるいは、ユーザであるダイバーに危険性を予め認識させるべく、例えば、酸素分圧最大許容値 $P_{O_2 \text{ max}} = 1.3 \sim 1.4 \text{ bar}$ で警告を行ったり、ガスボンベの切替を禁止したりするように制御プログラムによりソフトウェア的に安全側に設定できるようにしている。同様に酸素分圧最低許容値 $P_{O_2 \text{ min}}$ についても安全側に設定を変更することが可能である。

[0080] 第6図は潜水パターンの一例を示す図である。例えば、第6図に示す潜水パターンにおいて、潜水時、潜水パターン中のA領域では、水深がまだ浅いので、大気中の気体（主として酸素及び窒素）の混合比率と同じにして潜ればよい。すなわち、第3図に示すように、潜水パターン中のA領域では、ボンベ1 Aの酸素混合比率 $F_{O_2} = 21\%$ 、窒素混合比率 $F_{N_2} = 79\%$ 、ヘリウム混合比率 $F_{He} = 0\%$ とする。

[0081] また、深い水深の地点に潜行したい場合には、体内に窒素や酸素がまだ蓄積されていない潜水初期時（好ましくは潜水開始時）に潜行する。そして、人体に危険を及ぼす恐れがある酸素混合比率 F_{O_2} および窒素混合比率 F_{N_2} は低めにしておき、深く潜行することとなる。従って、潜水パターン中のB領域では、第3図に示すように、ボンベ1 Bの酸素混合比率 $F_{O_2} = 15\%$ 、窒素混合比率 $F_{N_2} = 45\%$ 、ヘリウム混合比率 $F_{He} = 40\%$ とする。

[0082] 100mもの高深度潜行になると減圧症になりやすい状態となるので、徐々に浮上してゆく。このとき、水深が浅くなるまでの気体混合比率の設定は、窒素混合比率を低くし、酸素中毒も意識する。具体的には、潜水パターン中のC領域では、第3図に示すように、ボンベ1 C酸素混合比率 $F_{O_2} = 50\%$ 、窒素混合比率 $F_{N_2} = 0\%$ 、ヘリウム混合比率 50% とする。

[0083] さらに、潜水パターン中のD領域では、減圧潜水状態で水深が浅いところなので、不活性ガスの比率を低くし、酸素混合比率を高くしている。具体的には、第3図に示すように、ボンベ1 Dの酸素混合比率 $F_{O_2} = 70\%$ 、窒素混合比率 $F_{N_2} = 10\%$ 、ヘリウム混合比率 $F_{He} = 20\%$ とする。

[0084] 第7図は各水深時の目安になる気体混合比率の割合の説明図である。第7図に示すように、実際の潜水では、そのときの潜水時間や各気体の体内蓄積状況が異なることからあくまでも目安であり、用途に応じて切換を行う必要がある。

[0085] この場合において、本実施形態に係るダイブコンピューター4においては、予め優先順位（生命維持、安全性確保の観点からの優先順位）を設定して、これを記憶しておき、優先順位の高い潜水用ガスの設定がより優先順位の低い潜水用ガスの設定の影響を受けないようにするものとする。従って、CPU51ま

たはROM53は、優先順位記憶部を構成する。また、CPU51は、低優先順位入力値補正部を構成する。具体的には、本実施形態のように酸素、窒素、ヘリウムの3種類の潜水用ガスを用いる場合には、優先順位が高い順から酸素、ヘリウム、窒素とすることが好ましい。従って以下の説明では、酸素（手動設定）→ヘリウム（手動設定）→窒素（自動設定）の順番で設定を行っている。

[0086] 以下、一般的な設定時の注意事項について説明する。高深度潜水時には酸素混合比率は低めにし、酸素中毒にならないような設定にしている。また、不活性ガスが体内に蓄積し、減圧潜水状態になったら徐々に水深を浅くしていく。浮上していくにつれて、不活性ガスが排出されていくので、酸素中毒及び減圧症を考慮しつつ、酸素の割合を大きくし、最終的に水深数メートルでは、減圧指示が出ている場合には純酸素に近い設定で減圧潜水することで体内の不活性ガスを排出することとなる。これにより、減圧時間を短縮することができ、無減圧潜水に切り替わった段階で、水面に上がることができる。

[0087] 次にシミュレーションしたダイビングに際しての準備について説明する。ダイビングに先立ち、ダイバーは、シミュレーションにより設定した混合比率と同一の潜水用ガスのボンベ1A～1Dを用意する。

[0088] 次にダイブコンピュータ4において、使用するボンベ1A～1Dに関する潜水用ガスの混合比率を設定しておく。また、ガスボンベを切り換える切換タイミングを報知するため、潜水時間、水深値などを目安にユーザが設定する。ここで、ダイブコンピュータ4へのデータの設定について説明する。まず、潜水用ガスの混合比率の設定について説明する。酸素混合比率 FO_2 、窒素混合比率 FN_2 およびヘリウム混合比率 FHe の関係は、以下の通りである。

[0089] $FO_2 + FN_2 + FHe = 100\%$

[0090] したがって、ユーザが酸素 O_2 およびヘリウム He の混合比率の設定を行えば、窒素 N_2 の混合比率は自動算出部により酸素 O_2 およびヘリウム He の混合比率に基づいて自動的に算出することができる。

[0091] 酸素混合比率 FO_2 の設定は、潜水時に酸素欠乏を考慮し、あまりに低い値の設定ができないように、8～99%の設定範囲（水深が深い所では、酸素中毒を防止すべく酸素混合比率の低い設定値が使用される）が用いられる。この

ためにROM53（あるいは不揮発性の場合にはRAM54）は、入力範囲記憶部として機能し、CPU51が記憶された入力範囲に基づいて当該範囲内に設定範囲を制限することとなる。ヘリウム混合比率FHeの設定は、0～99%の設定範囲が用いられる。

[0092] この場合において、酸素は低い比率では、酸素欠乏となり、高濃度では、水深値に応じて酸素中毒になる危険性が高いことから、ヘリウム混合比率FHeおよび自動設定される窒素混合比率FN₂の設定の影響を受けないように必ずユーザが設定する構成を採っており、自動設定は行わないようにしている。すなわち、予め潜水用ガス毎に設定された優先順位を記憶させ、記憶した優先順位に基づいて、より優先順位の高い潜水用ガスについての混合比率の設定を優先し、より優先順位の低い潜水用ガスについての前記混合比率を補正させるようにしている。

[0093] また、この場合において、第7図に示したように、潜水用ガス毎に許容する混合比率の入力範囲をあらかじめ記憶させ、優先順位の高い潜水用ガスについての混合比率の設定値及び記憶させた入力範囲に基づいて、優先順位の低い潜水用ガスに対応する混合比率の入力範囲を補正させるようにしている。従って、CPU51は、入力範囲補正部を構成する。

[0094] まず、酸素混合比率設定の処理について説明する。第8図は、酸素混合比率設定の処理フローチャートである。第9図は、酸素混合比率設定時の表示画面（その1）の説明図である。第10図は、酸素混合比率設定時の表示画面（その2）の説明図である。

[0095] 以下の説明においては、例えば、ボンベ番号＝4とされるボンベ1Dにおいて酸素混合比率設定を行う場合であって、あらかじめ酸素混合比率設定画面を表示させておいたものとして説明する。また、CPU51は、入力値補正部および酸素基準比率算出部として機能している。さらにROM53は、入力範囲記憶部として機能している。

[0096] まず、ダイブコンピュータ4のCPU51は、混合比率入力部として機能する操作部5を介して酸素混合比率設定の修正桁が設定されたか否かを判別する（ステップS11）。具体的には、第8図に示すように、操作スイッチ5A

を押し下げることにより十の位にカーソルが移動され、修正桁（この場合、十の位）を確定する。

[0097] ステップS 1 1の判別において修正桁が設定されていない場合には（ステップS 1 1；N o）、CPU 5 1は、酸素混合比率設定処理を終了する。

[0098] ステップS 1 1の判別において修正桁が設定された場合には（ステップS 1 1；Y e s）、CPU 5 1は、酸素O₂の混合比率F O₂の値に1を加算する処理を行う（ステップS 1 2）。

[0099] 具体的には、初期状態が第9図に示すような状態の場合、第10図に示すように十の位の値が、「2」から「3」に設定される。

[00100] 続いて、CPU 5 1は酸素O₂の混合比率F O₂が設定可能範囲最大値を超過したか否かを判別する（ステップS 1 3）。

[00101] ステップS 1 3の判別において、酸素O₂の混合比率F O₂が設定可能範囲最大値を超過した場合には、CPU 5 1は酸素O₂の混合比率F O₂を設定可能範囲最小値に設定し（ステップS 1 4）、酸素混合比率設定処理を終了する。具体的には、第7図の例の場合、水深40～60mの水深域においては、CPU 5 1は酸素O₂の混合比率F O₂ = 16%とする。

[00102] ステップS 1 3の判別において、酸素O₂の混合比率F O₂が設定可能範囲最大値以下である場合には、CPU 5 1は、酸素O₂の混合比率F O₂及びヘリウムH eの混合比率F H eの和が100%を超過したか否かを判別する（ステップS 1 5）。

[00103] ステップS 1 5の判別において、酸素O₂の混合比率F O₂及びヘリウムH eの混合比率F H eの和が100%を超過した場合には（ステップS 1 5；Y e s）、CPU 5 1は次式により、ヘリウムH eの混合比率F H eを確定するとともに、窒素N₂の混合比率F N₂ = 0%に確定し（ステップS 1 6）、酸素混合比率設定処理を終了する。

[00104] $F H e = 100 - F O_2 (\%)$

[00105] ステップS 1 5の判別において、酸素O₂の混合比率F O₂及びヘリウムH eの混合比率F H eの和が100%以下の場合には（ステップS 1 5；N

o)、CPU 51は次式により、窒素 N_2 の混合比率 F_{N_2} を確定し（ステップS 17）、酸素混合比率設定処理を終了する。

[00106] $F_{N_2} = 100 - F_{O_2} - F_{He}(\%)$

[00107] 第11図は、酸素混合比率設定後の表示画面の一例である。

[00108] 酸素混合比率処理が終了すると、第11図に示すように、ポンベの番号、酸素 O_2 の混合比率 F_{O_2} 、ヘリウム He の混合比率 F_{He} および窒素 N_2 の混合比率 F_{N_2} が表示されることとなる。

[00109] 次にヘリウム混合比率設定の処理について説明する。第12図は、ヘリウム混合比率設定の処理フローチャートである。まず、ダイブコンピュータ4のCPU 51は、操作部5を介してヘリウム混合比率設定の修正桁が設定されたか否かを判別する（ステップS 21）。

[00110] ステップS 21の判別において修正桁が設定されていない場合には（ステップS 21 ; No）、CPU 51は、ヘリウム混合比率設定処理を終了する。

[00111] ステップS 21の判別において修正桁が設定された場合には（ステップS 21 ; Yes）、CPU 51はヘリウム He の混合比率の値に1を加算する処理を行う（ステップS 22）。

[00112] 続いて、CPU 51は、酸素 O_2 の混合比率 F_{O_2} およびヘリウム He の混合比率 F_{He} の和が100%を超過したか否かを判別する（ステップS 23）。

[00113] ステップS 23の判別において、酸素 O_2 の混合比率 F_{O_2} 及びヘリウム He の混合比率 F_{He} の和が100%以上の場合には（ステップS 23 ; Yes）、CPU 51はヘリウム He の混合比率 $F_{He} = 0\%$ に確定し（ステップS 24）、ヘリウム混合比率設定処理を終了する。

[00114] ステップS 23の判別において、酸素 O_2 の混合比率 F_{O_2} 及びヘリウム He の混合比率 F_{He} の和が100%未満の場合には（ステップS 23 ; No）、CPU 51は次式により、窒素 N_2 の混合比率 F_{N_2} を確定し（ステップS 25）、酸素混合比率設定処理を終了する。

[00115] $F_{N_2} = 100 - F_{O_2} - F_{He}(\%)$

[00116] 次に上記構成からなるダイブコンピュータ 4 の動作について説明する。

[00117] 第 1 3 図はダイブコンピュータ 4 の各種動作モードにおける表示画面の遷移を模式的示す図である。第 1 3 図に示すようにダイブコンピュータ 4 の動作モードには、時刻モード S T 1、サーフェスモード S T 2、プランニングモード S T 3、設定モード S T 4、ダイビングモード S T 5、ログモード S T 6、ボンベ切換条件設定モード S T 7 がある。

[00118] 以下各種動作モードについて説明する。なお、これらの各種動作モードにおける処理は、前述した制御部 5 0 によって実行される。

[00119] 時刻モード S T 1 は、スイッチ操作を行わず、かつ、体内不活性ガス分圧が平衡状態にあり、陸上で携帯するときの動作モードである。この時刻モード S T 1 において、液晶表示パネル 1 1 には、第 1 3 図（符号 S T 1 参照）に示すように、現在月日、現在時刻及び高度ランクが表示される。なお、高度ランク = 0 の場合には高度ランク表示はおこなわれない。具体的には、第 1 3 図においては、現在月日が 1 2 月 5 日であり、現在時刻が 1 0 時 0 6 分であることを意味しており、特に現在時刻は、コロンの (:) が点滅することによって、現在の時刻を表示していることをユーザに知らせている。

[00120] この時刻モード S T 1 においてスイッチ 5 A を押すと、第 1 3 図に示すようにプランニングモード S T 3 に移行する。また、スイッチ 5 B を押すとログモード S T 6 に移行する。さらにスイッチ 5 A を押したままスイッチ 5 B を所定時間（例えば、5 秒）押し続けると設定モード S T 4 に移行することとなる。

[00121] サーフェスモード S T 2 は、前回のダイビングから 4 8 時間経過するまで陸上で携帯するときのモードであり、ダイブコンピュータ 4 は、前回のダイビングの終了後、ダイビング中に導通状態にあった潜水動作監視スイッチ 3 0 が絶縁状態になると自動的にサーフェスモード S T 2 に移行するようになっている。このサーフェスモード S T 2 においては、時刻モード S T 1 で表示される現在月日、現在時刻および高度ランクの他に、体内不活性ガス排出時間がカウントダウン表示される。ただし、体内不活性ガス排出時間として表示すべき時間が 0 時間 0 0 分に至ると、それ以降は無表示状態となる。また、サーフェスモード S T 2 においては、ダイビング終了後の経過時間が水面休止時間として表示される。こ

の水面休止時間は、後述するダイビングモードにおいて、水深が1.5メートルよりも浅くなった次点をダイビングの終了として計時が開始され、ダイビング終了から48時間が経過した時点で無表示状態となる。従って、ダイブコンピュータ4において、ダイビング終了後48時間が経過するまでは陸上において、このサーフェスモードST2となり、それ以降は、時刻モードST1に移行することとなる。

[00122] 具体的には、第13図に示すサーフェスモードST2においては、水面休止時間が1時間13分、即ち、ダイビング終了後1時間13分経過していることが表示されている。また、これまでに行ったダイビングにより体内に吸収された不活性ガス量が体内不活性ガスグラフのマーク4個分に相当することが表示され、この状態から体内の過剰な不活性ガスが排出されて平衡状態なるまでの時間、即ち体内不活性ガス排出時間が10時間55分であることを表示している。

[00123] このサーフェスモードST2においてスイッチ5Aを押すと、第13図に示すように、プランニングモードST3に移行する。また、スイッチ5Bを押すとログモードST6に移行する。さらにスイッチ5Aを押したままスイッチ5Bを所定時間（例えば、5秒）押し続けると設定モードST4に移行することとなる。

[00124] プランニングモードST3は、次に行うダイビングの最大水深と潜水時間の目安を、そのダイビング前に入力することが可能な動作モードである。このプランニングモードST3においては、水深ランク、無減圧潜水可能時間、水面休止時間、体内不活性ガスグラフが表示される。水深ランクのランクは、所定時間毎に順次、表示が変わっていくようになっている。各水深ランクは、例えば、9m、12m、15m、18m、21m、24m、27m、30m、33m、36m、39m、42m、45m、48mの各ランクがあり、その表示は5秒毎に切り替わるようにされている。この場合において、時刻モードST1からプランニングモードST3に移行したのであれば、過去の潜水によって体内に過剰な窒素蓄積がない場合、すなわち、初回潜水のプランニングであるため、体内不活性ガスグラフの表示マークは0個であり、具体的には、第13図（符号ST4参照）に示すように水深が15mの場合に無減圧潜水可能時間＝66分と表示され

る。これは、水深 12 m 以上 15 m 以下の水深で 66 分未満までは無減圧潜水が可能であることを表している。

[00125] これに対して、サーフェスモード S T 2 からプランニングモード S T 3 に移行したのであれば、第 13 図に示すように、過去の潜水によって体内に過剰の不活性ガス蓄積がある反復潜水のプランニングであるため、体内不活性ガスグラフにおいてマークが 4 個表示され、例えば水深が 15 m の場合に無減圧潜水可能時間 = 45 分と表示される。これは、水深 12 m 以上 15 m 以下の水深で 45 分未満までは無減圧潜水が可能であることを表している。このプランニングモード S T 3 において、水深ランクが 9 m から 48 m へと順次表示されていく間に、スイッチ 5 A を 2 秒以上押し続けると、第 13 図に示すように、サーフェスモード S T 2 に移行する。また、水深ランクが 48 m と表示された後には、時刻モード S T 1 またはサーフェスモード S T 2 に自動的に移行する。このように所定の期間スイッチ操作がない場合には、サーフェスモード S T 2 または時刻モード S T 1 に自動的に移行するので、その都度スイッチ操作を行う必要がなく、ダイバーにとって便利である。また、スイッチ 5 B を押すとログモード S T 6 に移行する。

[00126] 設定モード S T 4 は、現在月日や現在時刻の設定の他に、警告アラームのオン／オフ設定、セーフティレベルの設定を行うための動作モードである。この設定モード S T 4 では、現在月日、現在年、現在時刻の他にも、セーフティレベル（図示せず）、アラームのオン／オフ（図示せず）、高度ランク（図示せず）が表示される。これらの表示項目のうち、セーフティレベルは、通常の減圧計算を行うレベルと、ダイビング後に 1 ランク高い高度ランクの場所へ移動することを前提として減圧計算を行うレベルの二つのレベルを選択することが可能である。なお、過去の潜水によって体内に過剰の不活性ガス蓄積がある場合には、体内不活性ガスグラフも表示される。アラームのオン／オフは、報知装置 13 から各種警告のアラームを鳴らすか否かを設定するための機能であり、アラームをオフに設定しておけば、アラームが鳴ることはない。これは、ダイバーズ用情報処理装置のように電池切れを極力さける必要がある装置では、アラームのために電力が消費されて不用意に電池切れに至ることを避けることができ、好都合だか

らである。なお、アラームをオンにする場合としては、浮上速度違反時や減圧潜水時等がある。

[00127] この設定モード S T 4 では、スイッチ 5 A を押す度に設定項目が時、秒、分、年、月、日、セーフティレベル、アラームオン／オフの順に切り替わり、設定対象部分の表示が点滅することとなる。このとき、スイッチ 5 B を押すと設定項目の数値または文字が変わり、押し続けると設定項目の数値や文字が素早く変わる。また、アラームのオン／オフが点滅している状態でスイッチ 5 A を押すとサーフェスモード S T 2 または時刻モード S T 1 に戻ることとなる。また、アラームのオン／オフが点滅している状態でスイッチ 5 A と B とを同時に押すとボンベ切換条件設定モード S T 7 に移行する。さらにスイッチ 5 A、5 B のいずれについても予め定めた期間（例えば、1～2 分）操作されなければ、サーフェスモード S T 2 または時刻モード S T 1 に自動的に復帰することとなる。

[00128] ダイビングモード S T 5 とは、潜水時の動作モードであり、無減圧潜水モード S T 5 1、現在時刻表示モード S T 5 2、減圧潜水表示モード S T 5 3、ボンベ切換管理モード S T 5 4 からなる。

[00129] 無減圧潜水モード S T 5 1 では、現在水深、潜水時間、最大水深、無減圧潜水可能時間、体内不活性ガスグラフ、高度ランクなどダイビングに必要な情報が表示される。

[00130] 上述の例の場合、第 1 3 図に示す無減圧潜水モード S T 5 1 においては、ダイビングを開始してから 1 2 分が経過し、現在、ダイバーは水深 1 5 . 0 m の深さの場所に位置し、この水深では、あと 4 2 分間だけ無減圧潜水を続けることができる旨が表示されている。また、現在までの最大水深は、2 0 . 0 m である旨が表示され、さらに現在の体内不活性ガス量は体内不活性ガスグラフにおけるマーク 4 個が点灯しているレベルである旨が表示されている。

[00131] また、ダイビングモード S T 5 では、スイッチ 5 A を押すと、スイッチ 5 A が押し続けられている間だけ、現在時刻表示モード S T 5 2 に移行し、現在時刻と、現在水温が表示される。具体的には、第 1 3 図に示す現在時刻表示モード S T 5 2 においては、現在時刻が 1 0 時 1 8 分であり、現在水温が 2 3 ℃であることが表示されている。このように、ダイビングモード S T 5 においてその

旨のスイッチ操作があったときには所定の期間だけ現在時刻や現在水温の表示を行うため、小さな表示画面内で通常はダイビングに必要なデータだけを表示するように構成したとしても、現在時刻などを必要に応じて表示できるので便利である。しかも、このようにダイビングモード S T 5 においても、表示の切り替えにスイッチ操作を用いたので、ダイバーが知りたい情報を適正なタイミングで表示することが可能となっている。

[00132] また、ダイビングモード S T 5 の状態で、水深が 1.5 m より浅いところにまで浮上したときには、ダイビングが終了したものとみなされ、潜水により導通状態となって潜水動作監視スイッチ 30 が絶縁状態になった時点でサーフェスモード S T 2 に自動的に移行する。なお、水深が 1.5 m 以上となったときから再び水深が 1.5 m 未満となった時までを 1 回の潜水動作として、この期間中の潜水結果（ダイビングの日付、潜水時間、最大水深などの様々なデータ）が R A M 5 4 に記憶される。

[00133] 本実施形態のダイブコンピュータ 4 は、無減圧潜水を前提に構成されているものであるが、減圧潜水を行う必要が生じた場合には、その旨のアラームをオンしダイバーに告知し、動作モードを減圧潜水表示モード S T 5 3 に移行する。

[00134] 減圧潜水表示モード S T 5 3 においては、現在水深、潜水時間、体内不活性ガスグラフ、高度ランク、減圧停止深度、減圧停止時間、総浮上時間を表示する。具体的には、第 13 図に示す減圧潜水表示モード S T 5 3 においては、潜水開始から 24 分経過し、水深が 29.5 m のところにいる旨が表示されている。また、体内不活性ガス量が最大許容値を超え危険であるため、安全な浮上速度を守りながら水深 3 m のところまで浮上し、そこで 1 分間の減圧停止をするようにとの指示が表示されている。ダイバーは、上記のような表示内容に基づいて減圧停止した後、浮上することとなるが、この減圧を行っている間、体内不活性ガス量が減少傾向にある旨が下向きの矢印により表示される。

[00135] ボンベ切替管理モード S T 5 4 には、無減圧潜水モード S T 5 1 において、スイッチ 5 B を押すことにより移行する。

[00136] このボンベ切替管理モード S T 5 4 は、現在の潜水状態（使用しているボンベの混合ガス比率も含む）から混合ガス比率が同じ若しくは異なる新たなボンベに切り換えた場合に、安全性が確保できるか否か、換言すれば、新たなボンベに切り換えた場合に安全性が確保できないと判断された場合には切替を行わないようダイバーに知らせるためのモードである。

[00137] 第 1 4 図及び第 1 5 図は、ボンベ切替管理モード S T 5 4 の表示画面の一例（切替可能時）の説明図である。

[00138] 第 1 4 図に示すように、初期状態においては、現在の潜水状態および現在使用中のボンベのガス混合比率が表示される。具体的には、水深＝21 m、潜水時間＝20 分、（無減圧）潜水可能時間＝20 分、酸素分圧＝0.6、現在使用しているボンベにおけるガス混合比率（酸素 21 %、ヘリウム 50 %、窒素 29 %）が表示されている。

[00139] この状態において、スイッチ 5 B を所望の切替先のボンベの情報が表示されるまで繰り返し押すことにより、切替先のボンベにおける潜水可能時間、酸素分圧およびガス混合比率が表示される。具体的には第 1 5 図に示すように、水深＝21 m、潜水時間＝20 分、（無減圧）潜水可能時間＝21 分、酸素分圧＝0.9、切替先のボンベにおけるガス混合比率（酸素 32 %、ヘリウム 0 %、窒素 68 %）が表示されることとなる。

[00140] ダイバーはこの状態において、内容を確認し、問題がなければ、スイッチ 5 A を押すことにより、ダイブコンピュータ 4 は、当該切替先のボンベ使用による安全性を確認し、問題がないと判断し、ボンベ切替管理モード S T 5 4 を終了して表示を減圧潜水モード S T 5 1 に移行する。ダイブコンピュータ 4 は、切替後のボンベに対応する情報に基づいて演算を行うこととなる。

[00141] 第 1 6 図～第 1 8 図は、ボンベ切替管理モードの表示画面の一例（切替不可能時）の説明図である。

[00142] 第 1 6 図に示すように、初期状態においては、現在の潜水状態および現在使用中のボンベのガス混合比率が表示される。具体的には、水深＝10 m、潜水時間＝35 分、減圧潜水指示＝3 m で 15 分待機、酸素分圧＝0.6、現在

使用しているボンベにおけるガス混合比率（酸素 32 %、ヘリウム 0 %、窒素 68 %）が表示されている。

[00143] この状態において、スイッチ 5 B を所望の切換先のボンベの情報が表示されるまで繰り返し押すことにより、切換先のボンベにおける潜水可能時間、酸素分圧およびガス混合比率が表示される。具体的には第 17 図に示すように、水深 = 10 m、潜水時間 = 35 分、減圧潜水指示 = 3 m で 2 分待機、酸素分圧 = 1.9、切換先のボンベにおけるガス混合比率（酸素 100 %、ヘリウム 0 %、窒素 0 %）が表示されることとなる。

[00144] ダイバーはこの状態において、内容を確認し、問題がないと判断すれば、スイッチ 5 A を押すことになるが、この場合には、ダイブコンピュータ 4 は、当該切換先のボンベ使用による安全性を確認し、酸素分圧が高いことにより、酸素中毒になる恐れがあると判断し、当該スイッチ 5 A の操作を無効とする。さらに報音装置 37 によるアラーム音の発生、振動発生装置 38 によるアラーム振動の発生あるいは液晶表示パネルにその旨の警告を表示する。

[00145] さらにダイブコンピュータ 4 は、第 18 図に示すように、再び、現在の潜水状態および現在使用中のボンベのガス混合比率を表示することとなる。

[00146] 以上の説明は、酸素中毒の恐れがある場合のものであったが、酸素混合比率が低い場合には、酸素欠乏に陥る可能性があるので、このような場合にも、ダイブコンピュータ 4 は、報音装置 37 によるアラーム音の発生、振動発生装置 38 によるアラーム振動の発生あるいは液晶表示パネルにその旨の警告を表示し、ボンベ切換を行わないようにしている。

[00147] ログモード S T 6 は、ダイビングモード S T 5 に入った状態で水深 1.5 m よりも深くに 3 分以上潜水したときの各種データを記憶、表示する機能である。このようなダイビングのデータは、ログデータとして潜水毎に順次記憶され、所定数（例えば、10 回）の潜水のログデータを記憶保持する。ここで、最大記憶数以上の潜水を行った場合には、古いデータから順に削除され常に最新のログデータが記憶されていることとなる。なお、最大記憶数以上の潜水を行った場合でも、予め設定しておくことにより、ログデータの一部を削除せずに保持するように構成することも可能である。

[00148] このログモードS T 6へは、時刻モードS T 1あるいはサーフェスモードS T 2において、スイッチ5 Bを押すことにより移行することが可能となっている。ログモードS T 6においては、ログデータは所定時間（例えば、4秒）毎に切り替わる二つのモード画面を有している。第13図に示すように、第1のログモードS T 6 1では、潜水月日、平均水深、潜水開始時刻、潜水終了時刻、高度ランク、潜水を終了した時点における体内不活性ガスグラフが表示される。第2のログモードS T 6 2では、潜水を行った日における何回目の潜水であるかを示すログナンバー、最大水深、潜水時間、最大水深時の水温、高度ランク、潜水を終了したときの体内不活性ガスグラフが表示される。具体的には、第13図（符号S T 6 参照）に示すように、高度ランク＝0の状態において、12月5日の2回目のダイビングでは、潜水が10時07分に開始され、10時45分で終了し、38分間の潜水であった旨が表示されている。このときのダイビングでは、平均水深が14.6m、最大水深が26.0m、最大水深時の水温＝23℃であり、ダイビング終了後、体内不活性ガスグラフのマークが4個点灯に相当する不活性ガスが体内に吸収されていた旨を表している。

[00149] このように本実施形態のログモードS T 6においては、2つのモード画面を自動的に切り替えながら各種情報を表示するので、表示画面が小さくても実質的に表示可能な情報量を多くする事ができ、視認性が低下することがない。

[00150] さらにログモードS T 6においては、スイッチ5 Bを押す度に新しいデータから古いデータに順次表示が切り替わり、最も古いログデータが表示された後は、時刻モードS T 1またはサーフェスモードS T 2に移行する。全ログデータのうち一部のログデータを表示し終わった状態においても、スイッチ5 Bを2秒以上押し続けることにより時刻モードS T 1またはサーフェスモードS T 2に移行することができる。さらにスイッチ5 A、5 Bのいずれもが所定時間（1～2分）操作されない場合であっても、動作モードがサーフェスモードS T 2または時刻モードS T 1に自動的に復帰する。従ってダイバーがスイッチ操作を行う必要がなく使い勝手が向上している。また、スイッチ5 Aを押すとプランニングモードS T 3に移行する。

[00151] ボンベ切換条件設定モード S T 7 では、ボンベ切替タイミングの各種設定が行える。高深度潜水を行う場合や長時間潜水を行う場合、安全な潜水を行うためにも複数のボンベ 1 A ～ 1 D のうち、いずれのボンベをいずれのタイミング使用するのかを予めダイブコンピュータ 4 に記憶させておく必要がある。このため、ダイブコンピュータ 4 のユーザは、このボンベ切換条件設定モード S T 7 においてボンベ切換の要因となる項目を選択し、当該項目における切換条件をダイブコンピュータ 4 に入力することとなる。従って、ダイブコンピュータ 4 の C P U 5 1 は、基本的に、条件提示部、選択操作部、切換条件記憶部を構成する。さらに C P U 5 1 は、基本的に、安全性判別部、警告部を構成する。

[00152] 第 1 9 図は、切換条件設定テーブルの一例の説明図である。第 1 9 図に示すように、ボンベ切換の要因となる項目としては、基本的に以下の 5 種類の項目が設定されることが好ましい。

- (1) 潜水時間
- (2) 体内酸素量
- (3) 体内不活性ガス量
- (4) 潜水可能時間
- (5) 水深

[00153] この場合において、本実施形態においては、項目「潜水時間」に対応する切換条件としては、設定コード 1 ～ 1 0 に相当する 1 0 種類の切換条件が設定可能となっている。具体的には、第 1 9 図に示されるように、潜水時間 0 ～ 1 0 分（設定コード 1 ）、潜水時間 1 1 ～ 2 0 分（設定コード 2 ）、……、潜水時間 9 1 分 ～ 1 0 0 分（設定コード 1 0 ）の 1 0 種類となっている。

[00154] また、項目「体内酸素量」に対応する切換条件としては、設定コード 1 1 ～ 1 4 に相当する 4 種類の切換条件が設定可能となっている。具体的には、第 1 9 図に示されるように、体内酸素量を表示するバーグラフが 1 個または 2 個点灯（設定コード 1 1 ）、3 個または 4 個点灯（設定コード 1 2 ）、……、7 個または 8 個点灯（設定コード 1 4 ）の 4 種類となっている。

[00155] また、項目「体内不活性ガス量」に対応する切換条件としては、設定コード 1 6 ～ 2 0 に相当する 5 種類の切換条件が設定可能となっている。具体的

には、第19図に示されるように、体内不活性ガス量を表示するバーグラフが1個または2個点灯（設定コード16）、3個または4個点灯（設定コード17）、……、7個または8個点灯（設定コード19）、9個点灯（設定コード20）の5種類となっている。

[00156] また、項目「潜水可能時間」に対応する切換条件としては、設定コード21～24に相当する4種類の切換条件が設定可能となっている。具体的には、第19図に示されるように、潜水可能時間200～151分（設定コード21）、潜水時間150～101分（設定コード22）、……、潜水時間50分～0分（設定コード24）の4種類となっている。

[00157] また、項目「水深」に対応する切換条件としては、設定コード25～33に相当する9種類の切換条件が設定可能となっている。具体的には、第19図に示されるように、水深10m～20m（設定コード25）、水深20～30m（設定コード26）、……、水深80～90m（設定コード32）、水深90～100m（設定コード33）の9種類となっている。

[00158] 次に、図20から図25を参照して、切り換えタイミングの具体的な設定について説明する。まず、第20図は、切換タイミングの設定例の説明図である。第20図に示すように、ボンベ1Aは、潜水開始時に使用するボンベ（初期使用ボンベ）として用いられる。

[00159] 第21図はボンベ1A(ボンベAとして表示)についての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「潜水時間」に対応するものである。初期状態においては、条件表示領域に「初期使用」と表示される。従って、スイッチ5Aおよびスイッチ5Bを同時に押してボンベ1Aを初期使用ボンベとして使用する旨を確定することとなる。

[00160] これにより、液晶表示パネル11には、順次ボンベ1B、ボンベ1C、ボンベ1Dの切換タイミング設定画面が表示されることとなるが、いずれも同様である。ここでは、図22から図25を参照して、ボンベ1C(ボンベCとして表示)についての切換タイミング設定画面を例として具体的に説明する。

[00161] ボンベ1Cは、第20図に示したように、設定コード=3の条件を満たし、かつ、設定コード=12の条件を満たし、かつ、設定コード=20の条件

を満たし、かつ、設定コード＝29の条件を満たした場合に切り換えるものとする。すなわち、潜水時間＝21～30分、かつ、体内酸素量を表示するバーグラフが3個または4個点灯、かつ、体内不活性ガス量を表示するバーグラフが9個点灯、かつ、水深50～60mの時に切り換えられるものである。

[00162] 第22図は、ボンベ1Cについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「潜水時間」に対応するものである。初期状態においては、条件表示領域に「初期使用」と表示されるが、スイッチ5Bを3回（あるいはスイッチ5Aを8回）押すことにより条件表示領域には「21分～30分」と表示される。この状態で、スイッチ5Aおよびスイッチ5Bを同時に押すことにより、ボンベ1Cの項目「潜水時間」における切換条件として潜水時間＝21～30分が設定される。

[00163] 第23図は、ボンベ1Cについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「体内酸素量」に対応するものである。初期状態においては、条件表示領域に「1－2個点灯」と表示されるが、スイッチ5Bを1回（あるいはスイッチ5Aを4回）押すことにより条件表示領域には「3－4個点灯」と表示される。この状態で、スイッチ5Aおよびスイッチ5Bを同時に押すことにより、ボンベ1Cの項目「体内酸素量」における切換条件として体内酸素量を表示するバーグラフが3個または4個点灯の状態が設定される。第24図は、ボンベ1Cについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「体内不活性ガス量」に対応するものである。

[00164] 初期状態においては、条件表示領域に「1－2個点灯」と表示されるが、スイッチ5Aを1回（あるいはスイッチ5Bを4回）押すことにより条件表示領域には「9個点灯」と表示される。この状態で、スイッチ5Aおよびスイッチ5Bを同時に押すことにより、ボンベ1Cの項目「体内不活性ガス量」における切換条件として体内不活性ガス量を表示するバーグラフが9個点灯の状態が設定される。

[00165] 第25図は、ボンベ1Cについての切換タイミング設定画面の一例であり、項目「水深」に対応するものである。初期状態においては、条件表示領域に「10－20m」と表示されるが、スイッチ5Aを4回（あるいはスイッチ5

Bを4回) 押すことにより条件表示領域には「50－60m」と表示される。この状態で、スイッチ5Aおよびスイッチ5Bを同時に押すことにより、ボンベ1Cの項目「水深」における切換条件として水深50－60mが設定される。

[00166] 以上の説明のように本ボンベ切換条件設定モードST7においては、簡単な操作で確実に設定が行える。

[00167] 次に実際のダイビングを行う場合について説明する。

[00168] ダイビング時には、先に行ったシミュレーションと全く同一の水深で潜行するわけではないので、ダイブコンピュータ4は、シミュレーション結果に基づいてボンベを切り換えるタイミングとなっても、そのまま報知する訳ではない。すなわち、次に切り換えるボンベの潜水用ガスの混合比率で潜行した時に安全か否かを判別するために、ボンベ切換後の混合比率で酸素分圧、無減圧可能時間、減圧状態では減圧停止時間や減圧停止深度が実際にはどのようなようになるかを算出して液晶表示パネル11に表示する。この点において、ダイブコンピュータ4のCPU51は、切換タイミング判別部および告知部として機能する。そして液晶表示パネル11に表示された情報に基づいてユーザが適宜ボンベの混合比を選び切換を行うこととなる。

次にダイビング時のダイブコンピュータ4で、酸素分圧、無減圧潜水可能時間、または減圧状態での減圧停止時間の算出を行う際の具体的な処理を説明する。第26図は、ダイビング時のダイブコンピュータ4の処理フローチャートである。

[00169] まず、ダイブコンピュータ4のCPU51は、自己のタイマに基づいてダイビング開始時間からの経過時間を測定する(ステップS31)。

続いて水深計測を行う(ステップS32)。この場合において、CPU51は、基本的に、潜水情報記憶部を構成する。

[00170] これによりCPU51は、現在使用している潜水用ガスの混合比率を読み込む(ステップS33)。ここで、切換先ボンベの情報を算出する場合は、選択された切換先ボンベの潜水用ガスの混合比率を読み込む。

[00171] つぎにCPU51は、酸素分圧 FO_2 の算出を行う(ステップS34)。

[00172] 続いてCPU51は、体内不活性ガス量を算出し(ステップS35)、体内酸素量を算出する(ステップS36)。

[00173] 続いてCPU51は、現在までの潜水パターンに基づいて減圧潜水状態か否かを判別する（ステップS37）。

[00174] ステップS37の判別において、CPU51は現在の潜水パターンが減圧潜水状態である場合には（ステップS37；Yes）、減圧停止深度、減圧停止時間および総浮上時間の算出を行い（ステップS39）、処理をステップS40に移行する。

[00175] ステップS37の判別において、CPU51は現在の潜水パターンが減圧潜水状態ではない場合には（ステップS37；No）、無減圧可能時間を算出する（ステップS38）。

[00176] これらの結果、CPU51は、表示部10の液晶表示パネル11に減圧停止深度、減圧停止時間および総浮上時間あるいは無減圧可能時間のいずれか一方を表示することとなる（ステップS40）。

[00177] 以上の説明のように本第1実施形態によれば、潜水パターンに応じて複数のボンベ1A～1Dの潜水用ガスの混合比率を設定し、各ボンベの使用タイミング（切換タイミング）をダイビング前にシミュレーションする。そして、このシミュレーション結果に基づいて、切換タイミングをダイブコンピュータ4に設定し、実際のダイビングではダイブコンピュータ4が実際の潜水パターンを考慮してダイバーにボンベの使用タイミング（切換タイミング）を報知することによりダイビングの安全性を高めることが可能となる。

[00178] また、実際のダイビングにおいても、潜水用ガスの混合比率が同じ若しくは異なる複数のボンベ1A～1Dを切換装置により切り換え、レギュレータ2を介してダイバーに供給するに際し、確実にダイバーズ用情報処理装置により切換指示がなされる。従って、高深度潜水を行う場合でも、酸素欠乏、酸素中毒、窒素中毒あるいは減圧症の発生を抑制することが可能となる。さらに切換先の潜水用ガスの混合比率に対する無減圧潜水可能時間、減圧潜水時には、減圧停止に必要な時間と深度を演算するので、ボンベを切り換えた場合に安全か否かの判別を確実に行うことができる。

[00179] さらに本実施形態に係るダイバーズ用情報処理装置は、各潜水用ガスの混合比率に対する無減圧潜水可能時間、あるいは減圧停止に必要な時間と深度

を指示することができ、酸素中毒、窒素中毒あるいは減圧症の発生を抑制しつつ安全なダイビングを行うことができる。

[00180] また、本実施形態に係るダイバーズ用情報処理装置への潜水用ガスの混合比率の設定は、容易かつ誤りが発生しにくいので、操作性と安全性とを両立させることができる。

[00181] 以上の説明においては、潜水用ガスとして、酸素、窒素及びヘリウムを用いていたが、酸素、窒素および水素の組み合わせなど、潜水状態に応じて既知の各種潜水用ガスを用いることが可能である。

[00182] また、以上の説明においては、潜水用ガスを３種類用いる場合において説明したが、４種類以上の潜水用ガスを用いるように構成することも可能である。この場合における潜水用ガスとしては、水素、ネオン（N e）、アルゴン（A r）、クリプトン（K r）、キセノン（X e）などから適宜選択することが可能である。

[00183] さらに以上の説明においては、各ボンベの切換は、ダイバーが行う構成を採っていたが、ダイバーの指示を待って、自動的に切り換えるように構成することも可能である。もちろんこの場合には、万が一を考慮し、手動で切換可能に構成しておくのが好ましい。さらに酸素中毒の恐れがある場合および酸素欠乏に陥る可能性がある場合には、ダイブコンピュータ４は、報音装置によるアラーム音の発生、振動発生装置によるアラーム振動の発生あるいは液晶表示パネルにその旨の警告を表示し、自動的なボンベ切換を禁止するように構成する必要がある。

第２実施例

[00184] 次に第２７図と第２８図を参照して本発明の第２実施形態について詳細に説明する。本第２実施形態は、第１実施形態のダイブコンピュータ４に浮沈管理機能を取り入れたものである。この場合において、ダイブコンピュータ４の構成については、制御部５０が浮沈管理機能を実現するように構成されている以外の点では、基本的に第１実施形態と同様であるので、適宜第１実施形態の図面を参照して説明する。

[00185] 第27図は、第2実施形態の浮沈管理機能を構成する浮上速度監視機能実現のための機能ブロック図である。本第2実施形態のダイブコンピューター4は、第5図に示したダイブコンピュータ4に加え、ダイビングモード中、ダイバーの浮上速度を監視するように構成される。この浮沈管理機能は、制御部50を構成するCPU51、ROM53、RAM54等の機能を利用して以下の構成として実現される。

[00186] 本第2実施形態のダイブコンピューター4の浮沈管理機能は、第27図に示すように、基本的に浮上速度計測部71と、浮上速度違反判定部73と、潜水結果記憶部74と、水温計測部62と、報知部77と、警告表示部78によって実現される。さらに、本第2実施形態のダイブコンピューター4は、酸素分圧算出・監視部75と、酸素分圧違反判定部76とを備えている。浮上速度計測部71は、計時部68の計時結果および圧力計測部61の計測結果に基づいて浮上時に浮上速度を計測する。浮上速度違反判定部73は、浮上速度計測部71の計測結果と予め設定されている浮上速度基準データ72とを比較して現在の浮上速度が浮上速度基準データ23に対応する浮上基準速度より速い場合に浮上速度違反警告を行う。潜水結果記憶部74は、潜水履歴など各種の潜水に関するデータを記憶する。酸素分圧算出・監視部75は、呼吸気中の酸素分圧を算出し、監視する。酸素分圧違反判定部76は、算出した酸素分圧が酸素中毒あるいは酸素欠乏のおそれがあるものであるか否かを判別する。報知部77は、表示部、報音装置37及び振動発生装置38を介して各種警告を報知する。警告表示部78は、表示部10を介して各種警告を表示する。

[00187] 具体的には、本実施形態においては、浮上速度違反判定部73は、浮上速度基準データ72としてROM53に格納されている水深範囲毎の浮上基準速度と現在の浮上速度とを比較して、現在の浮上速度が現在水深における浮上基準速度より早い場合には、報知部77が表示部10あるいは報音装置37を介してアラーム音の発生、表示の点滅などを行い、さらに振動発生装置38を介してダイバーへの振動の伝達等の方法で浮上速度違反の警告を行う。そして、浮上速度が浮上基準速度以下となった時点で浮上速度違反の警告を停止する。

[00188] 本第2実施形態では、浮上速度基準データ72として各水深範囲例として以下の値がROM53に設定されていることが好ましい。

水深範囲	浮上速度基準値
1. 8 m未満	警告なし
1. 8 m～5. 9 m	8 m／分（約0. 8 m／6 秒）
6. 0 m～1 7. 9 m	1 2 m／分（約1. 2 m／6 秒）
1 8 m以上	1 6 m／分（約1. 6 m／6 秒）

[00189] このように水深の深いところの方が、浮上速度基準値が大きくなるように設定しているのは、以下の理由による。水深が深いところでは、同じ浮上速度で浮上しても単位時間あたりの浮上前後の周囲の水圧比が小さいので、比較的大きな浮上速度を許容しても減圧症を十分に防止できるからである。これに対して、水深が浅いところでは、同じ浮上速度で浮上しても単位時間あたりの浮上前後の水圧比が大きいため、比較的小さな浮上速度しか許容しないようになっているのである。

[00190] 本実施形態では、浮上速度基準データ72として6秒あたりの浮上速度値がROM53に格納されているのは、水深の計測は1秒毎に行うにしても、ダイブコンピュータ4を装着した腕の動きが算出する浮上速度に影響を与えるのを防ぐためである。同様の理由で、浮上速度計測も6秒ごとに行っている。

[00191] この結果、ダイブコンピュータ4を装着した腕の動きが算出する浮上速度に影響を与えるのを防止しつつ、ダイブコンピュータ4は、今回の水深計測値と6秒前の前回の水深計測値との差分を算出し、この差分を浮上速度基準データ72に対応する浮上基準速度と比較することとなる。

[00192] また、ダイブコンピュータ4の潜水結果記憶部74は、圧力計測部61により計測した水圧に対応する水深値に基づいて潜水結果データを記憶する。すなわち、水深値が1. 5 m（潜水開始判定用水深値）より深く潜水した時点から水深値が再び1. 5 mより浅くなった時点までを1回の潜水動作としてこの間の潜水結果データをRAM7に記憶、保持しておく。ここで、潜水結果データとは、例えば、潜水日時データ、潜水管理番号データ、潜水時間データ、最大潜水水深データ、最大潜水水深における水温データなどである。

[00193] この潜水結果記憶部 7 4 も第 5 図に示した制御部 5 0 を構成する CPU 5 1、ROM 5 3、RAM 5 4 の機能として実現される。ここで、潜水結果記憶部 7 4 は、浮上速度違反判定部 7 3 が 1 回の潜水で連続して複数回の警告、例えば、連続して 2 回以上の警告を発した時に浮上速度違反があった旨を潜水結果として記憶するように構成されている。

[00194] この潜水結果記憶部 7 4 は、圧力計測部 6 1 により計測した水圧に対応する水深値が、1.5 m（潜水開始判定用水新地）より深くなってから、再び 1.5 m より浅くなるまでの間、計時部 6 8 の計測結果に基づいて潜水時間の計測を行う。そして、計測した潜水時間が 3 分未満であれば、この間の潜水は 1 回の潜水として扱われず、その間の潜水結果については記録しない。これは、素潜りのような短時間のダイビングまで全て記憶しようとする、記憶容量の関係から重要なダイビング記録が更新されてしまう可能性があるからである。

[00195] このように実施形態のダイブコンピュータ 4 では、水深が 1.5 m 以下であって潜水時間が 3 分以上である場合に、新たな潜水が開始されたと判断しているので、潜水開始後に水深が 1.5 m 未満になると、水深 0 m として取り扱われる。したがって、水深が 1.5 m より僅かに深い場合に、腕を上げることなどによりダイブコンピュータのみが水深が 1.5 m 未満になると浮上速度を守っているにも拘わらず、浮上速度違反警告が出される可能性が生じ得るが、本第 2 実施形態では、このような場合には、浮上速度違反警告を行わないようにして、浮上速度違反警告の信頼性を向上させている。

[00196] さらに、本第 2 実施形態では、ダイビング中に酸素中毒あるいは酸素欠乏の危険度を示す酸素分圧 PO_2 を酸素分圧算出・監視算出部 7 5 で算出し、酸素分圧 PO_2 が適正な範囲にあるかを酸素分圧違反判定部 7 6 で判別し、必要に応じて報知部 7 7 を介して各種警告表示、アラーム音などで報知している。また、算出した酸素分圧 PO_2 の値は、表示部 1 0 を構成する液晶表示パネル 1 1 に表示される。

[00197] 次に、第 2 8 図のブロック図を参照しながら、ダイブコンピュータ 4 において、ダイバーに蓄積される体内不活性ガス量を計算するための機能構成について説明する。第 2 8 図は、ダイブコンピュータ 4 の体内不活性ガス量算出機

能実現のための機能構成ブロック図である。この場合において、本第2実施形態における体内不活性ガスとしては、窒素およびヘリウムが挙げられ、窒素量（窒素分圧）及びヘリウム量（ヘリウム分圧）を算出している。

[00198] 第28図に示すように、ダイブコンピュータ4は、前述の計時部68および圧力計測部68のほか、呼吸気不活性ガス分圧計測部81、呼吸気不活性ガス分圧記憶部82、比較部83、半飽和時間選択部84、体内不活性ガス分圧算出部85、体内不活性ガス分圧記憶部86、体内不活性ガス分圧排出時間導出部87および潜水可能時間導出部88を備えている。これらは、第2図に示した各構成部分およびCPU51、ROM53、RAM54によって実行されるソフトウェアによって実現可能である。ただし、これに限らず、ハードウェアである論理回路のみ、あるいは、論理回路とMPUを含む処理回路とソフトウェアとを組み合わせることで実現することも可能である。

[00199] 呼吸気不活性ガス分圧計測部81は、水圧・水深計測部10の計測結果である現在時刻 t における水圧 $P(t)$ に基づいて後述する呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ を算出する。これにより呼吸気不活性ガス分圧記憶部82は、呼吸気不活性ガス分圧計測部81が算出した呼吸気の不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ を記憶する。

[00200] 一方、半飽和時間選択部84は、体内不活性ガス分圧を算出する際に用いる半飽和時間 T_H を体内不活性ガス分圧算出85に出力する。体内不活性ガス分圧算出部85は、不活性ガスの吸収／排出の速度が異なる組織部位毎に後述する体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t)$ を算出する。体内不活性ガス分圧記憶部86は、体内不活性ガス分圧算出部85が算出した体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t)$ を記憶する。これらの結果、比較部83は、呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ および体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t)$ を比較し、比較結果に基づいて半飽和時間 T_H を可変する。

[00201] 次に体内不活性ガス分圧の具体的計算方法について説明する。本実施形態のダイブコンピュータ4において行われる体内不活性ガス分圧の計算方法については、例えばKEN LOYST et al.著の「DIVE COMPUTERS A CONSUMER'S GUIDE TO HISTORY, THEORY & PERFORMANCE」 Watersport Publishing

Inc.(1991)や、A.A.Buhlmann 著の「Decompression-Decompression Sickness」(特に第14頁)、Springer,Berlin(1984)に記載されている。なお、ここで示す体内不活性ガス分圧の計算方法はあくまで一例であり、この他にも各種の方法を用いることができる。

[00202] まず、水圧・水深計測部10は、時刻 t に対応する水圧 $P(t)$ を出力する。ここで、 $P(t)$ は、大気圧も含めた絶対圧を意味する。呼吸気不活性ガス分圧計測部81は、水圧・水深計測部10から出力された水圧 $P(t)$ に基づいて、ダイバーが呼吸している空気中に対応する呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ を計算し、出力する。ここで、呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ は、水圧 $P(t)$ を用いた次式(1)により算出される。

[00203] $P_{IN2}(t) = (\text{不活性ガス混合比率}) \times P(t) \text{ (bar)} \quad (1)$

[00204] 呼吸気不活性ガス分圧記憶部82は、呼吸気不活性ガス分圧計測部81によって(1)式のように計算された呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t)$ の値を記憶する。

[00205] 体内不活性ガス分圧計算部64は、不活性ガスの吸収／排出の速度が異なる体内組織毎にそれぞれ体内不活性ガス分圧を計算することとなる。例えばある一つの組織を例にとると、潜水時間 $t = t_0 \sim t_E$ までに吸収／排出する体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_E)$ は、計算開始時(= t_0 時)の体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_0)$ として、次式(2)によって計算される。

[00206]
$$P_{GT}(t_E) = P_{GT}(t_0) + \{P_{IN2}(t_0) - P_{GT}(t_0)\} \times \{1 - \exp(-K(t_E - t_0)/HT)\} \cdots (2)$$

[00207] ここで、 K は実験的に求められる定数であり、 HT は各組織に不活性ガスが溶け込んで飽和状態の半分に達するまでの時間(以下、半飽和時間と呼ぶ)であり、各組織によって異なる数値である。この半飽和時間 HT は、後述するように、 $P_{GT}(t_0)$ と $P_{IN2}(t_0)$ の大小に応じて可変となる。なお、時刻 t_0 や時刻 t_E などの時間の計測は、第28図に示した計時部68によって管理されている。

[00208] 体内不活性ガス量算出部 8 5 は、上記のような体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t)$ の計算を所定のサンプリング周期 t_E で繰り返し実行する。この際、式によってサンプリング周期毎に計算された体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_E)$ は、体内不活性ガス排出時間導出部 8 7 と潜水可能時間導出部 8 8 に供給されるほか、比較部 8 3 と体内不活性ガス分圧排出時間導出部 8 7 に $P_{GT}(t_0)$ として供給される。これは、即ち、式における $P_{GT}(t_0)$ として前回サンプリング時の $P_{GT}(t_E)$ が用いられることを意味している。

[00209] さて、上記計算に先立ち、比較部 8 3 は、呼吸気不活性ガス分圧記憶部 8 2 に記憶されている呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t_0)$ と、体内不活性ガス分圧記憶部 8 6 から供給さえる $P_{GT}(t_0)$ とを比較し、その比較結果を半飽和時間選択部 8 4 に出力する。半飽和時間選択部 8 4 は、体内不活性ガス分圧算出部 8 5 が分圧計算に用いるべき半飽和時間 HT を 2 種類（後述する半飽和時間 HT_1 及び HT_2 ）記憶しており、比較部 8 3 による比較結果に応じて半飽和時間 HT_1 或いは HT_2 を選択し、体内不活性ガス分圧算出部 8 5 に出力する。

[00210] 体内不活性ガス分圧算出部 8 5 は、半飽和時間選択部 8 4 により選択された半飽和時間 HT_1 又は HT_2 を用いて、時刻 $t = t_E$ のときの体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_E)$ を下式(3)または (3') により計算する。

[00211] (A) $P_{GT}(t_0) > P_{IN2}(t_0)$ の場合

$$P_{GT}(t_E) = P_{GT}(t_0) + \{P_{IN2}(t_0) - P_{GT}(t_0)\} \times \{1 - \exp(-K(t_E - t_0) / HT_1)\} \cdots (3)$$

[00212] (B) $P_{GT}(t_0) < P_{IN2}(t_0)$ の場合

$$P_{GT}(t_E) = P_{GT}(t_0) + \{P_{IN2}(t_0) - P_{GT}(t_0)\} \times \{1 - \exp(-K(t_E - t_0) / HT_2)\} \cdots (3')$$

[00213] なお、上記 (3) 式及び (3') 式では、 $HT_2 < HT_1$ となっている。なお、 $P_{GT}(t_0) = P_{IN2}(t_0)$ の場合には、半飽和時間 HT を次式 (4) のように定めるのが好ましい。

$$HT = (HT_1 + HT_2) / 2 \cdots (4)$$

[00215] ここで、 $P_{GT}(t_0) > P_{IN2}(t_0)$ の場合と、 $P_{GT}(t_0) < P_{IN2}(t_0)$ の場合とで、半飽和時間 HT が異なる理由について説明する。

まず、 $P_{GT}(t_0) > P_{IN2}(t_0)$ の場合は、体内から不活性ガスが排出される場合であり、逆に $P_{GT}(t_0) < P_{IN2}(t_0)$ の場合は、体内へ不活性ガスが吸収される場合である。すなわち、不活性ガスの排出は不活性ガスの吸収に比較して時間がかかるので、不活性ガスが排出される場合の半飽和時間 HT_1 が不活性ガスを吸収する場合の半飽和時間 HT_2 より長く設定するのである。このように排出時と吸収時とで異なる半飽和時間 HT を用いることにより、体内不活性ガス量のシミュレーションをより厳密に行うことができる。従って、この仮想体内不活性ガス算出部によって求められた不活性ガス分圧に基づいて、後述するような無減圧潜水可能時間や体内不活性ガス排出時間を求める際にも、より正確な値を算出することが可能となる。体内不活性ガス量算出部 85 は、上記のような体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t)$ の計算を行うことにより、ダイビングを行っているダイバーについて最新の体内不活性ガス分圧を把握することが可能となる。

[00216] 上記のようにして求められた体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_E)$ と、呼吸気不活性ガス分圧計測部 81 によって算出される $t = t_E$ 時の呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t_E)$ とに基づいて、無減圧潜水可能時間と体内不活性ガス排出時間とが、以下のようにして算出される。無減圧潜水可能時間は、式において計算される $P_{GT}(t_E)$ が、各組織の許容過飽和不活性ガス量を示す P_{t_o1} となる場合の $(t_E - t_0)$ を求めることによって算出される。このとき、現時点が t_0 と考えるので、式における $P_{GT}(t_0)$ として、体内不活性ガス量算出部 85 によって求められた体内不活性ガス分圧 $P_{GT}(t_E)$ が用いられ、 $P_{IN2}(t_0)$ として、呼吸気不活性ガス分圧計測部 81 によって算出される呼吸気不活性ガス分圧 $P_{IN2}(t_E)$ が用いられる。即ち、

$$[00217] \quad t_E - t_0 = -HT \times (\ln(1 - f)) / K \quad \dots (5)$$

ただし、

$$f = (P_{t_o1} - P_{GT}(t_E)) / (P_{IN2}(t_E) - P_{GT}(t_E)) \text{ である。}$$

[00218] この式 (5) によって、各組織における無減圧潜水可能時間が全て算出され、その中でもっとも小さい値が、求めるべき無減圧潜水可能時間となる。

このようにして算出された無減圧潜水可能時間は、後述するようなダイビングモードにおいて表示されるようになっている。

[00219] 次に、水面浮上後において体内不活性ガスが排出されるまでの体内不活性ガス排出時間の算出方法について説明する。

[00220] 体内不活性ガス排出時間を算出するには、前述した（２）において、水面浮上時を t_0 として、 $P_{GT}(t_E) = 0$ となる t_E を求めればよい。

[00221] $P_{GT}(t_E) = P_{GT}(t_0) + \{P_{IN2}(t_0) - P_{GT}(t_0)\}$

$$\times \{1 - \exp(-K(t_E - t_0)/HT)\} \dots (2)$$

[00222] しかしながら、上記式（２）のような指数関数では、 t_E が無限大にならなければ、 $P_{GT}(t_E) = 0$ とならないため、便宜的に下式（６）を用いて各組織ごとの体内不活性ガス排出時間 t_Z を算出している。

[00223] $t_Z = -HT \times \ln(1 - f) / K \dots (6)$

ここで、

$$f = (P_{de} - P_{IN2}) / (0.79 - P_{IN2})$$

である。

[00224] ここで、 HT は前述した半飽和時間であり、 P_{de} は各組織ごとの残留不活性ガス排出とみなす不活性ガス分圧（以下、許容不活性ガス分圧と呼ぶ）であり、これらは全て既知の値である。また、 P_{IN2} は、水面浮上時の各組織内の不活性ガス分圧であり、体内不活性ガス量計算部 60 によって算出される値である。上記式によって各組織ごとに t_Z が算出され、その中でもっとも大きい値が体内不活性ガス排出時間となる。このようにして算出された体内不活性ガス排出時間は、後述するようなサーフェスモードにおいて表示されるようになっている。

[00225] 次に、上記構成からなる第２実施形態のダイブコンピュータ 4 の動作は、第１実施形態と類似しているので、第１３図を参照して説明する。

[00226] 第１３図に示したように、ダイブコンピュータ 4 の動作モードには、時刻モード $ST1$ 、サーフェスモード $ST2$ 、プランニングモード $ST3$ 、設定モード $ST4$ 、ダイビングモード $ST5$ 、ログモード $ST6$ 、ボンベ切換条件設

定モード S T 7 があるが、以下、本第 2 実施形態に関連するダイビングモード S T 5 について説明する。

[00227] 本第 2 実施形態のダイビングモード S T 5 は、第 1 実施形態のダイビングモード S T 5 と同様、潜水時の動作モードであり、無減圧潜水モード S T 5 1、現在時刻表示モード S T 5 2、減圧潜水表示モード S T 5 3、ボンベ切替管理モード S T 5 4 からなる。

[00228] 無減圧潜水モード S T 5 1 では、現在水深、潜水時間、最大水深、無減圧潜水可能時間、体内不活性ガスグラフ、高度ランクなどダイビングに必要な情報が表示される。

[00229] 本第 2 実施形態のダイビングモード S T 5 においては、急激な浮上が減圧症の原因となることから、上述した浮上速度監視機能が働くこととなっている。すなわち、所定時間毎（例えば、6 秒毎）に現在の浮上速度を算出するとともに、算出した浮上速度と現在水深に対応する浮上速度上限値とを比較し、算出した浮上速度が浮上速度上限値よりも速い場合には、報音装置 3 7 から 4 k H z の周波数でアラーム音（浮上速度違反警告アラーム）を 3 秒間発するとともに、浮上速度を落とすように液晶表示パネル 1 1 において、「S L O W」の表示と、現在水深の表示とを所定周期（例えば、1 秒周期）で交互に表示して浮上速度違反警告を行う。さらに振動発生装置 3 8 から浮上速度違反である旨を振動でダイバーに警告する。そして浮上速度が正常なレベルにまで低下したときには、浮上速度違反警告を停止することとなる。

[00230] また、ダイビングモード S T 5 の状態で、水深が 1. 5 m より浅いところにまで浮上したときには、ダイビングが終了したものとみなされ、潜水により導通状態となって潜水動作監視スイッチ 3 0 が絶縁状態になった時点でサーフェスモード S T 2 に自動的に移行する。なお、水深が 1. 5 m 以上となったときから再び水深が 1. 5 m 未満となった時までを 1 回の潜水動作として、この期間中の潜水結果（ダイビングの日付、潜水時間、最大水深などの様々なデータ）が R A M 5 4 に記憶される。併せて、今回のダイビング中に上述した浮上速度違反警告が連続して 2 回以上あった場合には、その旨も潜水結果に含めて記録される。

[00231] 以上の説明のように、本第2実施形態によれば、複数種類の潜水用ガスの混合比率が異なる複数の混合ガスがそれぞれ収納された複数のボンベを用いて潜水を行うに際しても、酸素中毒あるいは酸素欠乏のおそれのあるボンベへの切り換えを防止し、あるいは、報知（警告）することができ、安全にダイビングを行うことが可能となるとともに、現在の浮上速度が浮上基準速度より速い場合に浮上速度違反警告を行うことにより、潜水病の発生を未然に防止することができる。

[00232] さらに以上の説明においては、各ボンベの切り換えは、ダイバーが行う構成を採っていたが、ダイバーの指示を待って、自動的に切り換えるように構成することも可能である。もちろんこの場合には、万が一を考慮し、手動で切換可能に構成しておくのが好ましい。さらに酸素中毒の恐れがある場合および酸素欠乏に陥る可能性がある場合には、ダイブコンピュータは、報音装置によるアラーム音の発生、振動発生装置によるアラーム振動の発生あるいは液晶表示パネルにその旨の警告を表示し、自動的なボンベ切り換えを禁止するように構成する必要がある。また、ダイバーの切換指示が先にあっても、酸素中毒や酸素欠乏などの恐れがある場合にはその旨をダイバーに通知するとともに、一旦、切換を禁止し、再度の指示があった場合にのみ切換を行うように構成することも可能である。

[00233] 上記説明では、上述した各種動作を行うためのプログラムが予めROM53に記憶されていることを前提としていた。ただし、これに限らず、図示せぬパーソナルコンピュータやサーバコンピュータとダイブコンピュータを通信ケーブルあるいはネットワークを介して接続し、このパーソナルコンピュータあるいはサーバコンピュータからダイブコンピュータに上記プログラムをダウンロードするような形態であってもよい。この場合、ダイブコンピュータ内の書き換え可能な不揮発性メモリ（図示略）にプログラムが記憶されることになる。そして、CPU51は、この不揮発性メモリからプログラムを読み出して、これを実行すればよい。

[00234] 以上の説明のように上記各実施形態によれば、潜水パターンに応じて複数のボンベの潜水用ガスの混合比率を設定し、各ボンベの使用タイミングをダイビング前にシミュレーションする。そして、このシミュレーション結果に基づ

いて、切換タイミングをダイブコンピュータに設定し、実際のダイビングではダイブコンピュータが実際の潜水パターンを考慮してダイバーにボンベの使用タイミングを報知することによりダイビングの安全性を高めることが可能となる。

[00235] また各潜水用ガスの混合比率に対する無減圧潜水可能時間、減圧潜水時には、減圧停止に必要な時間と深度をあらかじめシミュレーションできるので、実際のダイビングにおいても、ボンベを切り換えた場合に安全か否かの判別を確実に行うことができる。

[00236] 以上の説明においては、混合ガスに用いる潜水用ガスとして、酸素、窒素及びヘリウムを用いていたが、混合ガスとして酸素、窒素および水素の組み合わせや、潜水用ガスとして不活性ガスであるネオン（Ne）、アルゴン（Ar）、クリプトン（Kr）あるいはキセノン（Xe）等の人体に影響を及ぼす可能性が低いガスを用いるなど、潜水状態に応じて既知の各種潜水用ガスあるいは各種混合ガスを用いることが可能である。

[00237] また、以上の説明においては、潜水用ガスを3種類用いる場合において説明したが、4種類以上の潜水用ガスをを用いるように構成することも可能である。

[00238] 上記において、装置のセクションまたは部品を記述するために使用される「構成される」という用語は、その望ましい機能を遂行するために構築されるハードウェアやソフトウェアを含む。

[00239] 上記に使用された、「前」、「後ろ」、「上」、「下」、「垂直」、「水平」、「斜め」やその他の方向を示す用語は、本発明が設置された潜水具またはダイバーズ用情報処理装置の方向を指すものである。従って、本発明を説明するために使用されたこれらの方向を示す用語は、本発明が設置された潜水具またはダイバーズ用情報処理装置に比して相対的に解釈されるべきである。

[00240] 上記に使用された「ほぼ」「約」「概ね」等の、程度を表す用語は、結果的に重大な変化をもたらすには至らないほどの、適度な量の偏差を示すものである。これらの程度を表す用語は、偏差により重大な変化がもたらされるのではない限り、少なくとも±5%程度の誤差を含むものとして解釈されるべきである。

[00241] この明細書は、日本特許出願番号 2002-359191、2002-359192、2002-368170、2003-367213、2003-367214、2003-367215 の優先権を主張するものである。ここに、日本特許出願番号 2002-359191、2002-359192、2002-368170、2003-367213、2003-367214、2003-367215 の開示の全てを、文献の援用により統合する。

[00242] 上記、本発明の実施例の一部しか記載されていないが、上記の開示により、当業者には、特許権の範囲において定義された本発明の範囲を超えることなくして上記実施例に種々の変形を加えることが可能であることは明らかである。さらに上記の実施例は、本発明を説明するためのものでしかなく、後述の請求の範囲やその均等範囲によって定義されるところの本発明の範囲を限定するものではない。

請求の範囲:

1. 少なくとも複数の潜水用ガスの第1・第2混合ガスをそれぞれ収容する第1・第2ポンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置であって、

5 あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターンに基づいて、前記第1混合ガスから前記第2混合ガスへの切換タイミングを判別するように構成された切換タイミング判別部と、

前記切換タイミングに基づいて前記第2混合ガスを特定するための情報及び前記切換タイミングを告知するように構成された告知部と、

10 を備えたことを特徴とする情報処理装置。

2. 請求の範囲第1項記載の情報処理装置において、

前記第1・第2混合ガスにおける、前記潜水用ガスの比率のユーザ入力を受け入れるように構成された混合比率入力部と、

15 前記潜水用ガス毎に許容する前記比率の入力範囲をあらかじめ記憶するように構成された入力範囲記憶部と、

ユーザ入力された前記比率が前記潜水用ガス毎の前記入力範囲外である場合に、当該混合比率を前記入力範囲内に補正するように構成された入力値補正部と、

を備えたことを特徴とする情報処理装置。

20

3. 請求の範囲第1項記載の情報処理装置において、

前記混合比率入力部は、前記潜水用ガスとして酸素の比率のユーザ入力を受け入れように構成され、

25 入力された酸素の前記比率あるいは入力後に補正された酸素の前記比率に基づいて酸素以外の前記潜水用ガスの比率を算出するように構成された酸素基準比率算出部を備えたことを特徴とする情報処理装置。

4. 請求の範囲第3項記載の情報処理装置において、
前記混合比率入力部は、前記潜水用ガスとしてヘリウムおよび窒素の比率のユーザ入力を受け入れよう構成され、

前記酸素基準比率算出部は、前記酸素の比率および前記ヘリウムの比率に基づいて前記窒素の比率を算出するように構成されたことを特徴とする情報処理装置。

5. 請求の範囲第4項記載の情報処理装置において、
前記酸素基準比率算出部は、前記酸素の比率および前記ヘリウムの比率が100%を越える場合には、前記酸素の比率を変更せずに前記ヘリウムの比率を補正し、前記酸素の比率および前記ヘリウムの比率を100%に設定するように構成されたことを特徴とする情報処理装置。

6. 請求の範囲第1項記載の情報処理装置であって、
第1・第2混合ガスにおける前記複数の潜水用ガスの比率のユーザ入力を受け入れるように構成された混合比率入力部と、
前記潜水用ガス毎の優先順位を記憶するように構成された優先順位記憶部と、
記憶した前記優先順位に基づいて、より優先順位の高い高優先順位潜水用ガスについての前記比率の設定を優先し、より優先順位の低い低優先順位潜水用ガスについての前記比率を補正するように構成された低優先順位入力値補正部と、
を備えたことを特徴とする情報処理装置。

7. 請求の範囲第6項記載の情報処理装置において、
前記潜水用ガス毎に許容する前記比率の入力範囲をあらかじめ記憶するように構成された入力範囲記憶部と、
前記高優先順位潜水用ガスについての前記比率のユーザ入力値及び記憶した前記入力範囲に基づいて、前記低優先順位潜水用ガスに対応する前記比率の前記入力範囲を補正するように構成された入力範囲補正部と、
を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

8. 請求の範囲第1項記載の情報処理装置において、
前記第1・第2ポンベ毎に少なくとも1つの切換条件を設定するための情報を提示するように構成された条件提示部と、

- 5 ユーザ入力を受け入れるように構成された選択操作部と、
ユーザ選択された前記少なくとも1つの切換条件を前記第1・第2ポンベ毎に記憶するように構成された切換条件記憶部と、
を備えたことを特徴とする情報処理装置。

- 10 9. 請求の範囲第8項記載の情報処理装置において、
前記少なくとも1つの切換条件は、潜水時間、ダイバー内の酸素量、ダイバー内の不活性ガス量、潜水可能時間あるいは水深を含むように構成されたことを特徴とする情報処理装置。

- 15 10. 請求の範囲第9項記載の情報処理装置において、
前記切換条件記憶部は、前記第1・第2ポンベ毎に前記潜水時間、前記ダイバー内酸素量、前記ダイバー内不活性ガス量、前記潜水可能時間あるいは前記水深のいずれか一つあるいは組み合わせを記憶するように構成されたことを特徴とする情報処理装置。

20

11. 少なくとも複数の潜水用ガスの第1・第2混合ガスをそれぞれ収容する第1・第2ポンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置の制御方法であって、

- 25 あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターンに基づいて、前記第1混合ガスから第2混合ガスへの切換タイミングを判別する切換タイミング判別過程と、

前記切換タイミングに基づいて前記第2混合ガスを特定するための情報及び前記切換タイミングを告知する告知過程と、

を遂行することを特徴とする情報処理装置の制御方法。

1 2. 請求の範囲第 1 1 項記載の情報処理装置の制御方法において、
前記潜水用ガス毎に許容する前記比率の入力範囲をあらかじめ記憶する入力範囲記憶過程と、

5 前記第 1・第 2 混合ガスにおける、前記潜水用ガスの比率のユーザ入力を受け入れる混合比率入力過程と、

ユーザ入力された前記比率が前記潜水用ガス毎の前記入力範囲外である場合に、当該混合比率を前記入力範囲内に補正する入力値補正過程と、
を遂行することを特徴とする情報処理装置の制御方法。

10

1 3. 請求の範囲第 1 1 項記載の情報処理装置の制御方法において、
前記混合比率入力過程は、前記潜水用ガスとして酸素の比率のユーザ入力を受け入れ、

15 入力された酸素の前記比率あるいは入力後に補正された酸素の前記比率に基づいて酸素以外の前記潜水用ガスの比率を算出する酸素基準比率算出過程と、
を遂行することを特徴とする情報処理装置の制御方法。

1 4. 請求の範囲第 1 1 項記載の情報処理装置の制御方法であって、
第 1・第 2 混合ガスにおける前記複数の潜水用ガスの比率のユーザ入力を受け
20 入れる混合比率入力過程と、

予め前記潜水用ガス毎の優先順位を記憶する優先順位記憶過程と、
記憶した前記優先順位に基づいて、より優先順位の高い高優先順位潜水用ガスについての前記比率の設定を優先し、より優先順位の低い低優先順位潜水用ガスについての前記比率を補正する低優先順位入力値補正過程と、

25 を遂行することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

1 5. 請求の範囲第 1 4 項記載の情報処理装置の制御方法において、
前記潜水用ガス毎に許容する前記混合の入力範囲をあらかじめ記憶する入力範囲記憶過程と、

前記高優先順位潜水用ガスについての前記比率のユーザ入力値及び記憶した前記入力範囲に基づいて、前記低優先順位潜水用ガスに対応する前記比率の前記入力範囲を補正する入力範囲補正過程と、

を遂行することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

5

16. 請求の範囲第11項記載の情報処理装置の制御方法において、

前記第1・第2ボンベ毎に少なくとも1つの切換条件を設定するための情報を提示する条件提示過程と、

10 前記第1・第2ボンベの少なくとも1つの前記切換条件を設定するためのユーザ入力を受け入れる選択操作過程と、

ユーザ選択された前記少なくとも1つの切換条件を前記第1・第2ボンベ毎に記憶する切換条件記憶過程と、

を遂行することを特徴とする情報処理装置の制御方法。

15 17. 請求の範囲第16項記載の情報処理装置において、

前記少なくとも1つの切換条件は、潜水時間、ダイバー内の酸素量、ダイバー内の不活性ガス量、潜水可能時間あるいは水深を含むことを特徴とする情報処理装置の制御方法。

20 18. 請求の範囲第17項記載の情報処理装置の制御方法において、

前記切換条件記憶部は、前記第1・第2ボンベ毎に前記潜水時間、前記ダイバー内酸素量、前記ダイバー内不活性ガス量、前記潜水可能時間あるいは前記水深のいずれか一つあるいは組み合わせを記憶することを特徴とする情報処理装置の制御方法。

25

19. コンピュータを、少なくとも複数の潜水用ガスの第1・第2混合ガスをそれぞれ収容する第1・第2ボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置として機能させるための制御プログラムであって、

あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターンに基づいて、前記第 1 混合ガスから前記第 2 混合ガスへの切換タイミングを判別させ、

前記切換タイミングに基づいて前記第 2 混合ガスを特定するための情報及び前

5 記切換タイミングを告知させる、

命令を含んだことを特徴とする制御プログラム。

20. 請求の範囲第 19 項記載の制御プログラムにおいて、

前記第 1・第 2 混合ガスにおける、前記潜水用ガスの比率のユーザ入力を受け

10 入れ、

あらかじめ記憶された前記潜水用ガス毎に許容する前記比率の入力範囲に基づいて、ユーザ入力された前記比率が前記潜水用ガス毎の前記入力範囲外である場合に、当該混合比率を前記入力範囲内に補正させる、

命令を含んだことを特徴とする制御プログラム。

15

21. 請求の範囲第 19 項記載の制御プログラムにおいて、

前記潜水用ガスの比率のユーザ入力として、酸素の比率のユーザ入力を受け入れ、

入力された酸素の前記比率あるいは入力後に補正された酸素の前記混合比率に基づいて酸素以外の前記潜水用ガスの比率を算出させる命令を含んだことを特徴とする制御プログラム。

20

22. 請求の範囲第 21 項記載の制御プログラムにおいて、

前記潜水用ガスの比率のユーザ入力として、ヘリウムおよび窒素の比率のユーザ入力を受け入れ、

25

前記酸素の比率および前記ヘリウムの比率に基づいて前記窒素の比率を算出させる命令を含んだことを特徴とする制御プログラム。

23. 請求の範囲第22項記載の制御プログラムにおいて、

前記酸素の比率および前記ヘリウムの比率が100%を越える場合には、前記酸素の比率を変更させずに前記ヘリウムの比率を補正させ、前記酸素の比率および前記ヘリウムの比率を100%に設定させる命令を含んだことを特徴とする制御プログラム。

24. 請求の範囲第19項記載の制御プログラムであって、

第1・第2混合ガスにおける前記複数の潜水用ガスの比率のユーザ入力を受け入れ、

10 予め前記潜水用ガス毎の優先順位を記憶させ、

記憶した前記優先順位に基づいて、より優先順位の高い高優先順位潜水用ガスについての前記比率の設定を優先し、より優先順位の低い低優先順位潜水用ガスについての前記比率を補正させる、

命令を含んだことを特徴とする制御プログラム。

15

25. 請求の範囲第24項記載の制御プログラムにおいて、

前記潜水用ガス毎に許容する前記比率の入力範囲をあらかじめ記憶させ、

前記高優先順位潜水用ガスについての前記比率のユーザ入力値及び記憶させた前記入力範囲に基づいて、前記低優先順位潜水用ガスに対応する前記比率の入力

20 範囲を補正させる、

命令を含んだことを特徴とする制御プログラム。

26. 請求の範囲第19項記載の制御プログラムにおいて、

前記第1・第2ポンベ毎に少なくとも1つの切換条件を設定するための情報を

25 提示させ、

前記第1・第2ポンベの少なくとも1つの前記切換条件設定するためのユーザ入力を受け入れ、

ユーザ選択された前記少なくとも1つの切換条件を前記第1・第2ポンベ毎に記憶させる、

命令を含んだことを特徴とする制御プログラム。

27. 請求の範囲第項26記載の制御プログラムにおいて、

前記少なくとも1つの切換条件は、潜水時間、ダイバー内の酸素量、ダイバー
5 内の不活性ガス量、潜水可能時間あるいは水深を含むことを特徴とする制御プログラム。

28. 請求の範囲第27項記載の制御プログラムにおいて、

前記選択された切換条件を記憶させるに際し、前記第1・第2ポンベ毎に前記
10 潜水時間、前記ダイバー内酸素量、前記ダイバー内不活性ガス量、前記潜水可能
時間あるいは前記水深のいずれか一つあるいは組み合わせを記憶させる命令を含
むことを特徴とする情報処理装置の制御プログラム。

29. コンピュータ読取可能な記録媒体において、

15 コンピュータを、少なくとも複数の潜水用ガスの第1・第2混合ガスをそれぞれ
収容する第1・第2ポンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用
情報処理装置として機能させるための制御プログラムであって、

あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターン
に基づいて、前記第1混合ガスから前記第2混合ガスへの切換タイミングを判別
20 させ、

前記切換タイミングに基づいて前記第2混合ガスを特定するための情報及び前
記切換タイミングを告知させる命令を含むことを特徴とする制御プログラム、
を記録したことを特徴とするコンピュータ読取可能な記録媒体。

25 30. 少なくとも複数の潜水用ガスの混合比率が異なる第1・第2混合ガス
がそれぞれ収納された第1・第2ポンベを用いて潜水を行うために用いられるダ
イバーズ用情報処理装置であって、

ダイバーが前記第1ポンベを使用中に、前記第2ポンベに切り替えるべく選択
した場合に、前記第2ポンベを使用すると酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがある

と判定した場合には、前記第 1 ボンベから第 2 ボンベへの切り替えを禁止するように構成された酸素分圧算出・監視部を備えたことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置。

- 5 3 1. 請求の範囲第 3 0 項記載の情報処理装置において、
前記第 1・第 2 ボンベの少なくともひとつは前記潜水用ガスのひとつとして酸素を含有することを特徴とする情報処理装置。

- 10 3 2. 請求の範囲第 3 0 項記載の情報処理装置において、
前記酸素分圧算出・監視部は、酸素分圧を算出し、酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがあるかどうかを判断するように構成された酸素分圧違反判定部と、
酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがある場合にダイバーに報知するように構成された報知部と、
を備えたことを特徴とする情報処理装置。

- 15 3 3. 請求の範囲第 3 0 項記載の情報処理装置において、
前記酸素分圧算出・監視部は、ダイバーが前記第 1 ボンベを使用中に、前記第 2 ボンベに切り替えるべく選択した場合に、前記第 2 ボンベを使用した場合の酸素分圧値に基づいて酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがないと判定された場合に第
20 1 ボンベから第 2 ボンベへの切り替えを許可するように構成されたことを特徴とする情報処理装置。

- 3 4. 請求の範囲第 3 2 項記載の情報処理装置において、
前記報知部は、前記第 2 ボンベの切り替えの可否を少なくとも表示、アラーム
25 音、E L バックライトのいずれかによりダイバーに報知するように構成されたことを特徴とする情報処理装置。

- 3 5. 請求の範囲第 3 0 項記載の情報処理装置において、
潜水経過時間を計測するように構成された計時部と、

予め定められた潜水経過時間に対応して、ダイバーの潜水地点での水深値を検出するように構成された水深計測部と、

前記検出した水深値と潜水経過時間とを記憶するように構成された潜水情報記憶部と、

5 を備えることを特徴とする情報処理装置。

36. 少なくとも複数の潜水用ガスの混合比率が異なる第1・第2混合ガスがそれぞれ収納された第1・第2ポンプを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置であって、

10 潜水中における少なくともひとつの切換条件を前記第1・第2ポンプ毎に記憶するように構成された切換条件記憶部と、

前記ダイバーが第1ポンプを使用中に、前記第1ポンプから前記第2ポンプへの切り換え選択のためのユーザ入力を受け入れるように構成された切り換え先ポンプ選択部と、

15 前記第2ポンプを使用した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別するように構成された安全性判別部と、

前記安全性判別部の判別結果が酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別されたことをダイバーに警告するように構成された警告部と、

を備えたことを特徴とする情報処理装置。

20

37. 請求の範囲第36項記載の情報処理装置において、

前記ダイバーが第2ポンプへの切換を選択した場合に、前記第2ポンプについての情報を前記ダイバーに提示するように構成されたポンプ情報提示部を備えたことを特徴とする情報処理装置。

25

38. 請求の範囲第37項記載の情報処理装置において、

前記第2ポンプについての情報は、前記第2ポンプの前記潜水用ガスの混合比率および前記第2ポンプが使用された場合の潜水状態情報を含むことを特徴とする情報処理装置。

39. 請求の範囲第38項記載の情報処理装置において、
前記潜水状態情報は、無減圧潜水可能時間あるいは減圧潜水指示と、酸素分圧と、を含むことを特徴とする情報処理装置。

5

40. 少なくとも複数の潜水用ガスの混合比率が異なる第1・第2混合ガスがそれぞれ収納された第1・第2ポンプを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置の制御方法であって、

酸素分圧の算出及び監視を行う酸素分圧算出・監視過程と、

10 ダイバーが前記第1ポンプを使用中に、前記第2ポンプに切り替えるべく選択した場合に、前記第2ポンプを使用すると酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあると判定した場合には、前記第1ポンプから第2ポンプへの切り替えを禁止する切換禁止過程と、

を遂行することを特徴とする情報処理装置の制御方法。

15

41. 請求の範囲第40項記載の情報処理装置の制御方法において、

前記酸素分圧算出・監視過程は、酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがあるかどうかを判断する酸素分圧違反判定過程と、

酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがある場合にダイバーにその旨を報知する

20 報知過程と、

を遂行することを特徴とする情報処理装置の制御方法。

42. 請求の範囲第40項記載の情報処理装置の制御方法において、

25 前記切換禁止過程は、ダイバーが前記前記第1ポンプを使用中に、前記第2ポンプに切り替えるべく選択した場合に、前記第2ポンプの酸素分圧値に基づいて酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがないと判定された場合に第1ポンプから第2ポンプへの切り替えを許可することを含むことを特徴とする情報処理装置の制御方法。

43. 請求の範囲第41項記載のダイバーズ用情報処理装置の制御方法において、

前記報知過程は、前記第2ポンベの切り替えの可否を少なくとも表示、アラーム音、ELバックライトのいずれかによりダイバーに報知することを含むことを

5 特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

44. 請求の範囲第40項記載の情報処理装置の制御方法において、
潜水経過時間を計測する計時過程と、

10 予め定められた潜水経過時間に対応して、ダイバーの潜水地点での水深値を検出する水深計測過程と、

前記検出した水深値と潜水経過時間とを記憶する潜水情報記憶過程と、
を遂行することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

45. 少なくとも複数の潜水用ガスの混合比率が異なる第1・第2混合ガス
15 がそれぞれ収納された第1・第2ポンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置の制御方法であって、

潜水中における少なくともひとつの切換条件を前記第1・第2ポンベ毎に記憶する切換条件記憶過程と、

20 前記ダイバーが第1ポンベを使用中に、前記第1ポンベから前記第2ポンベへの切り換え選択のためのユーザ入力を受け入れる切り換え先ポンベ選択過程と、

前記第2ポンベ使用した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別する安全性判別過程と、

25 前記安全性判別過程における判別結果が酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別されたことをダイバーに警告する警告過程と、
を遂行することを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

46. 請求の範囲第45項記載の情報処理装置の制御方法において、
前記ダイバーが第2ボンベへの切換を選択した場合に、前記第2ボンベについての情報を前記ダイバーに提示するボンベ情報提示過程を遂行することを特徴とする情報処理装置の制御方法。

5

47. 請求の範囲第46項記載の情報処理装置の制御方法において、
前記第2ボンベについての情報は、前記第2ボンベの前記潜水用ガスの混合比率および前記第2ボンベが使用された場合の潜水状態情報を含むことを特徴とする情報処理装置の制御方法。

10

48. 請求の範囲第47項記載の情報処理装置の制御方法において、
前記潜水状態情報は、無減圧潜水可能時間あるいは減圧潜水指示と、酸素分圧と、を含むことを特徴とするダイバーズ用情報処理装置の制御方法。

15

49. 少なくとも複数の潜水用ガスの混合比率が異なる第1・第2混合ガスがそれぞれ収納された第1・第2ボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置をコンピュータにより制御するための制御プログラムであって、

酸素分圧の算出及び監視を行わせ、

20

ダイバーが前記第1ボンベを使用中に、前記第2ボンベに切り替えるべく選択した場合に、前記第2ボンベを使用すると酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあるか否かを判定させ、

前記おそれがあると判定された場合には、前記第1ボンベから第2ボンベへの切り替えを禁止させる、

25

命令を含むことを特徴とする制御プログラム。

50. 請求の範囲第49項記載の制御プログラムにおいて、
前記酸素分圧に基づいて酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがあるか否かを判別させ、

酸素中毒もしくは酸素欠乏のおそれがある場合にダイバーに報知させる、
命令を含むことを特徴とする制御プログラム。

- 5 1. 請求の範囲第49項または第50項記載の制御プログラムにおいて、
5 前記酸素分圧算出・監視部は、ダイバーが前記第1ポンベを使用中に、前記第2ポンベに切り替えるべく選択した場合に、前記第2ポンベを使用した場合の酸素分圧値に基づいて酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがないと判定された場合に第1ポンベから第2ポンベへの切り替えを許可させる、
命令を含むことを特徴とする制御プログラム。

10

5 2. 請求の範囲第51項記載の制御プログラムにおいて、
前記ポンベの切り替えの可否を少なくとも表示、アラーム音、ELバックライトのいずれかにより報知させる命令を含むことを特徴とする制御プログラム。

- 15 5 3. 請求の範囲第49項記載の制御プログラムにおいて、
潜水経過時間を計測させ、
予め定められた潜水経過時間に対応して、ダイバーの潜水地点での水深値を検出させ、
前記検出させた水深値と潜水経過時間とを記憶させる、
20 命令を含むことを特徴とする制御プログラム。

- 5 4. 少なくとも複数の潜水用ガスの混合比率が異なる第1・第2混合ガスがそれぞれ収納された第1・第2ポンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置をコンピュータにより制御するための制御プログラムであって、
25 潜水中における少なくともひとつの切換条件を前記第1・第2ポンベ毎に記憶させ、
前記ダイバーが第1ポンベを使用中に、前記第1ポンベから前記第2ポンベへの切り換え選択のためのユーザ入力を受け入れ、

前記第 2 ボンベ使用した場合に酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあるか否かを判別させ、

酸素中毒あるいは酸素欠乏の恐れがあると判別されたことをダイバーに警告させる、

5 命令を含むことを特徴とする制御プログラム。

5 5. 請求の範囲第 5 4 項記載の制御プログラムにおいて、

前記ダイバーが第 2 ボンベへの切換を選択した場合に、前記第 2 ボンベについての情報を前記ダイバーに提示させる命令を含むことを特徴とする制御プログラム。

10

5 6. 請求の範囲第 5 5 項記載の制御プログラムにおいて、

前記第 2 ボンベについての情報は、前記第 2 ボンベの前記潜水用ガスの混合比率および前記第 2 ボンベが使用された場合の潜水状態情報を含むことを特徴とする制御プログラム。

15

5 7. 請求の範囲第 5 6 項記載の制御プログラムにおいて、

前記潜水状態情報は、無減圧潜水可能時間あるいは減圧潜水指示と、酸素分圧と、を含むことを特徴とする制御プログラム。

20

5 8. コンピュータ読取可能な記録媒体であって、

少なくとも複数の潜水用ガスの混合比率が異なる第 1 ・第 2 混合ガスがそれぞれ収納された第 1 ・第 2 ボンベを用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置をコンピュータにより制御するための制御プログラムであって、

25 酸素分圧の算出及び監視を行わせ、

ダイバーが前記第 1 ボンベを使用中に、前記第 2 ボンベに切り替えるべく選択した場合に、前記第 2 ボンベを使用すると酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあるか否かを判定させ、

前記おそれがあると判定された場合には、前記第 1 ボンベから第 2 ボンベへの切り替えを禁止させる命令を含むことを特徴とする制御プログラムを記録したことを特徴とするコンピュータ読取可能な記録媒体。

5 5 9. 潜水具であって、

複数種類の潜水用ガスを混合比率が異なるように混合した第 1・第 2 混合ガスがそれぞれ充填された第 1・第 2 ボンベと、

前記第 1・第 2 ボンベに接続され、前記第 1・第 2 混合ガスのうちいずれかを選択的にダイバーに供給すべく前記第 1 と第 2 ボンベ間の切り換えを行うように

10 構成された切換装置と、

前記切換装置を介して供給された前記混合ガスを所定圧力として前記ダイバーに供給するように構成されたレギュレータと、

を備えたことを特徴とする潜水具。

15 6 0. 請求の範囲第 5 9 項記載の潜水具において、

前記第 1・第 2 ボンベのひとつは、潜行時の水深域に基づいて前記混合比率が設定され、

前記第 1・第 2 ボンベの他のひとつは減圧潜水用に前記混合比率が設定されることを特徴とする潜水具。

20

6 1. 請求の範囲第 5 9 項記載の潜水具において、

前記第 1・第 2 ボンベにそれぞれ収納される前記第 1・第 2 混合ガスは所定の 3 種類の前記潜水用ガスのうち、少なくとも 2 種類の前記潜水用ガスを混合していることを特徴とする潜水具。

25

6 2. 請求の範囲第 6 1 項記載の潜水具において、

前記潜水用ガスは、酸素、窒素およびヘリウムを含むことを特徴とする潜水具。

6 3. 請求の範囲第 5 9 項記載の潜水具において、
前記第 1 ・第 2 混合ガスは、酸素と少なくとも一種類の不活性ガスとが混合されていることを特徴とする潜水具。

5 6 4. 請求の範囲第 6 3 項記載の潜水具において、
前記少なくとも一種類の不活性ガスは、ヘリウム、ネオン、アルゴン、クリプトンあるいはキセノンのうち、少なくともいずれかを含むことを特徴とする潜水具。

10 6 5. 請求の範囲第 5 9 項記載の潜水具において、
前記潜水用ガスとして少なくとも水素を含むことを特徴とする潜水具。

6 6. 請求の範囲第 5 9 項記載の潜水具において、
あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターン
15 に基づいて、前記切換装置の切り換え指示および現在以降の潜水パターンの指示を行うように構成された情報処理装置を備えたことを特徴とする潜水具。

6 7. 複数種類の潜水用ガスを混合した混合ガスが充填された複数のボンベと、前記複数のボンベに接続され、前記複数のボンベに充填された混合ガスのうち
20 ちいずれかを選択的に供給すべく前記ボンベの切り換えを行うための切換装置と、前記切換装置を介して供給された前記混合ガスを所定圧力として供給するレギュレータと、を備えた潜水具の制御方法において、

あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターンを記憶する記憶過程と、
25 記憶した前記予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターンに基づいて、前記切換装置の切り換え指示を行う切換指示過程と、
現在以降の潜水パターンの指示を行う潜水パターン指示過程と、
を遂行することを特徴とする潜水具の制御方法。

**ダイバーズ用情報処理装置、
制御方法、制御プログラム、記録媒体、潜水具及び潜水具の制御方法
要約書**

複数種類の潜水用ガスの混合比率が同じ若しくは異なる複数の混合ガスを

- 5 用いて潜水を行うために用いられるダイバーズ用情報処理装置は、あらかじめ設定された予定潜水パターンおよび現在までの実際の潜水パターンに基づいて、前記混合ガスの切換タイミングを判別する。この切換タイミングに基づいて切換先の混合ガスを特定するための情報及び前記切換タイミングを告知する。また、ダイバーが潜水用ガスの混合比率の異なるボンベに切り替えるべく何れかのボンベ
- 10 を選択した場合に、当該選択したボンベが酸素欠乏又は酸素中毒のおそれがあると判定した場合には、選択したボンベへの切り替えを禁止させるべく処理を行う。